



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



## **TESIS**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA PARA  
MEJORAR LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LAS  
ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA DE PIURA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

### **AUTORES:**

**BACH. RONALD HARRY REINOSA SANDOVAL**

**BACH. CLIFFORD ALCIBIADES CARO SUÁREZ**

### **ASESOR:**

**ING. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

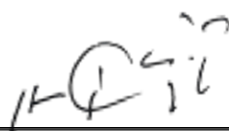
**2018**

# **TESIS**

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA PARA MEJORAR LOS  
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA  
DE PIURA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:**



---

**Ing. HUGO JAVIER CHICLAYO PADILLA**  
**PRESIDENTE**



---

**Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA**  
**SECRETARIO**



---

**Ing. MARTÍN AUGUSTO NOMBERRA LOSSIO**  
**VOCAL**

# **TESIS**

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA PARA MEJORAR LOS  
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA  
DE PIURA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

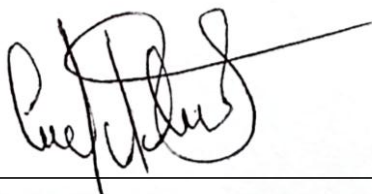
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**ELABORADO POR:**



---

**Bach. RONALD HARRY REINOSA SANDOVAL**



---

**Bach. CLIFFORD ALCIBIADES CARO SUÁREZ**

**ASESOR:**



---

**Ing. OSCAR UCHELLEY ROMERO CORTEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo agradecemos a Dios por ser nuestra guía y acompañarnos en el transcurso de nuestra vida, brindándonos paciencia y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

A nuestros padres por ser nuestro pilar fundamental y habernos apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis Ing. Oscar Ucchelly quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos oriento en la investigación.

Agradecemos a todos nuestros docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarnos como personas y profesionales en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A nuestros padres**

Por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

## **RESUMEN**

El presente proyecto de tesis consiste en el diseño de una Red de Banda Ancha utilizando fibra óptica y tecnología WiMAX para mejorar el acceso a los servicios de internet y telefonía de los pobladores de las zonas rurales de la Provincia de Piura.

Mediante el estudio demográfico se pudo estimar la cantidad de pobladores beneficiados con el proyecto, así como el ancho de banda necesario para diseñar la red para poder seleccionar los equipos que garanticen el buen funcionamiento y transporte de la información.

La red de transporte óptico tendrá diez nodos, siendo el Nodo de Agregación la capital de Provincia que es la ciudad de Piura. A través de ella se realizará el tendido de fibra óptica hacia los Nodos de Distribución, los cuales se conectarán inalámbricamente con las localidades beneficiadas elegidas para este proyecto. Además, se realiza el cálculo de distancias medidas desde el Nodo de Agregación hacia los Nodos de Distribución para poder escoger los equipos de interfaz óptica que cumplan con las condiciones de diseño y puedan asegurar la calidad de transmisión y ofrecer óptimo servicio.

La red de acceso inalámbrico conectará cada capital de distrito con sus respectivas localidades haciendo uso de la tecnología WiMAX trabajando en la banda libre de 5 GHz.

La cantidad de localidades beneficiadas son para este proyecto son 68 y las instituciones seleccionadas (locales escolares, comisarias, centros de salud) para llevar el servicio de intranet son 4. La conexión entre las localidades e instituciones se realizará a través de radioenlaces, los cuales serán simulados con el software Radio Mobile. También se usarán las hojas de especificaciones técnicas de los equipos seleccionados para elegir los más adecuado para la red.

Por último, se muestra el diseño final y los equipos que conformarán la red de fibra óptica y la red de acceso inalámbrico que conectarán a las 68 localidades beneficiadas, logrando así llevar los servicios de internet y telefonía (móvil y fija) a los pobladores de las zonas rurales de la Provincia de Piura.

## **ABSTRACT**

The present thesis project consists of the design of a Broadband Network using optical fiber and WiMAX technology to improve access to internet and telephony services for the inhabitants of rural areas of the Province of Piura.

Through the demographic study it was possible to estimate the number of people benefited with the project, as well as the necessary bandwidth to design the network to be able to select the equipment that guarantees the good functioning and transport of the information.

The optical transport network will have ten nodes, being the Aggregation Node the capital of the Province that is the city of Piura. Through it, fiber optic cables will be routed to the Distribution Nodes, which will connect wirelessly with the beneficiary localities chosen for this project. In addition, the calculation of measured distances from the Aggregation Node to the Distribution Nodes is carried out in order to choose the optical interface equipment that meets the design conditions and can ensure transmission quality and offer optimum service.

The wireless access network will connect each district capital with its respective locations using WiMAX technology working in the 5 GHz free band.

The number of localities benefited for this project is 68 and the selected institutions (school premises, police stations, health centers) to carry the intranet service are 4. The connection between the localities and institutions will be made through radio links, which they will be simulated with the Radio Mobile software. The technical specifications sheets of the selected equipment will also be used to choose the most appropriate ones for the network.

Finally, it shows the final design and the equipment that will make up the fiber optic network and the wireless access network that will connect the 68 beneficiary localities, thus bringing the internet and telephony services (mobile and landline) to the inhabitants of the rural areas of the Province of Piura.

# ÍNDICE GENERAL

## CONTENIDO

<b>ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN - CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1.    Aspecto informativo.....	2
1.1.1.    Título.....	2
1.1.2.    Personal Investigador .....	2
1.1.3.    Área de Investigación .....	2
1.1.4.    Lugar de ejecución.....	2
1.1.5.    Duración .....	2
1.2.    Aspecto de la investigación.....	2
1.2.1.    Situación problemática.....	2
1.2.2.    Antecedentes .....	4
1.2.3.    Formulación del problema científico .....	6
1.2.4.    Objetivos .....	6
1.2.5.    Justificación e importancia de la investigación.....	6
1.2.6.    Hipótesis .....	7
1.2.7.    Diseño y contrastación de la hipótesis.....	7
<b>MARCO TEÓRICO - CAPITULO II.....</b>	<b>8</b>
2.1.    Análisis de la Provincia de Piura, sus Distritos y Localidades .....	9
2.1.1.    Región Piura .....	9
2.1.2.    Provincia de Piura .....	10
2.2.    Banda Ancha .....	12
2.2.1.    Redes de Banda Ancha .....	14
2.2.2.    Medios de acceso a las Redes de Banda Ancha .....	16
<b>DISEÑO DE LA RED - CAPITULO III .....</b>	<b>31</b>
3.1.    Dimensionamiento de la red.....	31
3.2.    Diseño de la red de transporte óptico .....	44
3.3.    Diseño de la red inalámbrica .....	51
<b>PRESUPUESTO - CAPITULO IV .....</b>	<b>92</b>
<b>CONCLUSIONES - CAPITULO V .....</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>96</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Región Piura.....	10
<b>Figura 2:</b> Provincia de Piura.....	11
<b>Figura 3:</b> Impacto de las telecomunicaciones en el crecimiento del PBI.....	13
<b>Figura 4:</b> Estructura de las Redes de Banda Ancha para el acceso a Internet.....	14
<b>Figura 5:</b> Acceso a servicios de Banda Ancha a través de ADSL.....	18
<b>Figura 6:</b> Elementos de la arquitectura DOCSIS.....	19
<b>Figura 7:</b> Tipos de Fibra Óptica.....	20
<b>Figura 8:</b> Dispersión modal.....	20
<b>Figura 9:</b> Solapamiento por exceso de dispersión modal.....	21
<b>Figura 10:</b> Dispersión Cromática.....	21
<b>Figura 11:</b> Fibra Multimodo de Índice Gradual.....	22
<b>Figura 12:</b> Acceso a servicios de Banda Ancha mediante Fibra Óptica.....	23
<b>Figura 13:</b> Red Wi-Fi.....	25
<b>Figura 14:</b> Red WiMAX.....	26
<b>Figura 15:</b> Red Satelital.....	27
<b>Figura 16:</b> Arquitectura UMTS.....	29
<b>Figura 17:</b> Arquitectura LTE.....	30
<b>Figura 18:</b> Erlang B Calculator.....	41
<b>Figura 19:</b> Tendido de Fibra Óptica.....	45
<b>Figura 20:</b> Ubicación del Nodo de Agregación Provincial.....	46
<b>Figura 21:</b> Diagrama unifilar.....	47
<b>Figura 22:</b> Esquema de planta interna para el Nodo de Agregación.....	48
<b>Figura 23:</b> Plataforma de transporte multiservicios Cisco ONS 15454 M2.....	49
<b>Figura 24:</b> Router Cisco ASR 903.....	50
<b>Figura 25:</b> Diseño final de la Red de Transporte óptico.....	50
<b>Figura 26:</b> Radioenlace entre El Tallan y El Tabanco.....	51
<b>Figura 27:</b> Radioenlace El Tallan y El Piedral.....	52
<b>Figura 28:</b> Radioenlace El Tallan y Nuevo Tallan.....	52
<b>Figura 29:</b> Radioenlace El Tallan y Nuevo Sinchao Chico.....	53
<b>Figura 30:</b> Radioenlace El Tallan y Chatito Sur.....	53
<b>Figura 31:</b> Radioenlace La Arena y Monte Grande.....	54
<b>Figura 32:</b> Radioenlace La Arena y Chatito.....	54
<b>Figura 33:</b> Radioenlace La Arena y Santa Elena.....	55
<b>Figura 34:</b> Radioenlace La Arena y Loma Negra.....	55
<b>Figura 35:</b> Radioenlace La Arena y Casa Grande.....	56
<b>Figura 36:</b> Radioenlace La Arena y Chaquira.....	56
<b>Figura 37:</b> Radioenlace La Arena y Rio Viejo Sur.....	57
<b>Figura 38:</b> Radioenlace La Arena y Rio Viejo Norte.....	57
<b>Figura 39:</b> Radioenlace La Arena y Pampa Chica.....	58
<b>Figura 40:</b> Radioenlace La Arena y Vichayal.....	58
<b>Figura 41:</b> Radioenlace La Arena y El Porvenir.....	59
<b>Figura 42:</b> Radioenlace La Arena y Pampa de los Silvas.....	59
<b>Figura 43:</b> Radioenlace La Arena y Casarana.....	60
<b>Figura 44:</b> Radioenlace La Arena y Alto de la Cruz.....	60
<b>Figura 45:</b> Radioenlaces de los Nodos de Tallan y La Arena.....	61
<b>Figura 46:</b> Radioenlace Cura Mori y Ciudad Noé.....	61
<b>Figura 47:</b> Radioenlace Cura Mori y Nuevo chato grande.....	62
<b>Figura 48:</b> Radioenlace Cura Mori y Almirante Grau.....	62
<b>Figura 49:</b> Radioenlace Cura Mori y Nueva Zona More.....	63

<b>Figura 50:</b> Radioenlace Cura Mori y Chato Chico.....	63
<b>Figura 51:</b> Radioenlace Cura Mori y Chato Grande.....	64
<b>Figura 52:</b> Radioenlace Cura Mori y San Pedro.....	64
<b>Figura 53:</b> Radioenlace Cura Mori y Nuevo pozo de los Ramos.....	65
<b>Figura 54:</b> Radioenlace Cura Mori y Santa Rosa.....	65
<b>Figura 55:</b> Radioenlace Catacaos y Nuevo Pedregal.....	66
<b>Figura 56:</b> Radioenlace Catacaos y Pedregal Grande.....	66
<b>Figura 57:</b> Radioenlace Catacaos y La Campiña.....	67
<b>Figura 58:</b> Radioenlace Catacaos y Narihuala.....	67
<b>Figura 59:</b> Radioenlace Catacaos y Pedregal Chico.....	68
<b>Figura 60:</b> Radioenlace Catacaos y Mocara.....	68
<b>Figura 61:</b> Radioenlace Catacaos y Monte Castillo.....	69
<b>Figura 62:</b> Radioenlace Catacaos y Buenos Aires de Cumbibira.....	69
<b>Figura 63:</b> Radioenlace Catacaos y Paredones.....	70
<b>Figura 64:</b> Radioenlace Catacaos y La Piedra.....	70
<b>Figura 65:</b> Radioenlace Catacaos y La Legua – San Jacinto.....	71
<b>Figura 66:</b> Radioenlace Catacaos y Viduque.....	71
<b>Figura 67:</b> Radioenlace Catacaos y Simbila.....	72
<b>Figura 68:</b> Radioenlace Catacaos y San Pablo.....	72
<b>Figura 69:</b> Radioenlaces de los Nodos de Cura Mori y Catacaos.....	73
<b>Figura 70:</b> Radioenlace Las Lomas y Cacaturo.....	73
<b>Figura 71:</b> Radioenlace Las Lomas y San Miguel de Yuscay.....	74
<b>Figura 72:</b> Radioenlace Las Lomas y El Partidor.....	74
<b>Figura 73:</b> Radioenlace El Partidor y Pelingara.....	75
<b>Figura 74:</b> Radioenlace Pelingara y REP3.....	75
<b>Figura 75:</b> Radioenlace REP3 y Agua Dulce.....	76
<b>Figura 76:</b> Radioenlace Pampa Elera Alto y REP4.....	76
<b>Figura 77:</b> Radioenlace REP4 y Huachuma Bajo.....	77
<b>Figura 78:</b> Radioenlace Huachuma Bajo y Puerta Pulache.....	77
<b>Figura 79:</b> Radioenlace REP4 y Pampa Elera Bajo.....	78
<b>Figura 80:</b> Radioenlace Pampa Elera Alto y La Menta.....	78
<b>Figura 81:</b> Radioenlace Pampa Elera Alto y Potrerillo Bajo.....	79
<b>Figura 82:</b> Radioenlace Potrerillo Bajo y El Sauce.....	79
<b>Figura 83:</b> Radioenlace El Sauce y San Francisco Bajo.....	80
<b>Figura 84:</b> Radioenlace El Sauce y Monte de los Olivos.....	80
<b>Figura 85:</b> Radioenlaces de los Nodos de Las Lomas y Pampa Elera Alto.....	81
<b>Figura 86:</b> Radioenlace Piura y REP1.....	81
<b>Figura 87:</b> Radioenlace entre REP1 y REP2.....	82
<b>Figura 88:</b> Radioenlace REP2 y Cruz de Caña.....	82
<b>Figura 89:</b> Radioenlace REP1 y Las Vegas.....	83
<b>Figura 90:</b> Radioenlace REP1 y Juan Velasco.....	83
<b>Figura 91:</b> Radioenlace REP1 y San Miguel.....	84
<b>Figura 92:</b> Radioenlace San Miguel y Juan Pablo.....	84
<b>Figura 93:</b> Radioenlace San Miguel y Santa Sara.....	85
<b>Figura 94:</b> Radioenlace REP1 y El Molino.....	85
<b>Figura 95:</b> Radioenlaces del Nodo de Piura y Castilla.....	86
<b>Figura 96:</b> Radioenlace Tambogrande y Ocoto Bajo.....	86
<b>Figura 97:</b> Radioenlace Ocoto Bajo y San Miguel de Seren.....	87
<b>Figura 98:</b> Radioenlace San Miguel de Seren y Algarrobo.....	87
<b>Figura 99:</b> Radioenlace El Algarrobo y Santa Paula.....	88
<b>Figura 100:</b> Radioenlace Santa Paula y La Quebrada.....	88
<b>Figura 101:</b> Radioenlace San Martín CP6 y Santa Rosa CP15.....	89

**Figura 102:** Radioenlace San Martín CP6 y La Libertad.....89

**Figura 103:** Radioenlace San Martín CP6 y Tejedores..... 90

**Figura 104:** Radioenlace de los Nodos de Tambogrande y San Martin CP6. .... 90

**Figura 105:** PTP 650 - Cambium Networks. .... 91

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla1:</b> Distritos de la Provincia de Piura.....	11
<b>Tabla2:</b> Población de los Distritos. ....	12
<b>Tabla3:</b> Medios de transporte en Banda Ancha.....	15
<b>Tabla4:</b> Tecnologías utilizadas en Banda Ancha.....	16
<b>Tabla5:</b> Localidades beneficiadas, instituciones y población. ....	32
<b>Tabla6:</b> Localidades beneficiadas. ....	32
<b>Tabla7:</b> Población por localidad. ....	34
<b>Tabla8:</b> Porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones.....	36
<b>Tabla9:</b> Nuevos criterios de asignación de Banda Ancha.....	36
<b>Tabla10:</b> Potenciales usuarios de la Provincia de Piura. ....	36
<b>Tabla11:</b> Tráfico de Telefonía móvil, fija y usuarios simultáneos en Internet.....	38
<b>Tabla12:</b> Líneas necesarias para telefonía móvil y fija. ....	41
<b>Tabla13:</b> Demanda en Mbps por cada localidad de la Provincia de Piura. ....	43
<b>Tabla14:</b> Demanda en Mbps por cada nodo. ....	45
<b>Tabla15:</b> Interfaces ópticas por nodo de distribución.....	48
<b>Tabla16:</b> Presupuesto total.....	93

## **INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto de tesis tiene como finalidad diseñar una Red de Banda Ancha utilizando fibra óptica y tecnología WiMAX para mejorar el acceso a los servicios de internet y telefonía de los pobladores de las zonas rurales de la Provincia de Piura.

En el Capítulo I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN, se encuentran los siguientes puntos: la situación problemática, la justificación e importancia de la investigación, los objetivos, la formulación de la hipótesis y el diseño metodológico.

En el Capítulo II: MARCO TEÓRICO, se presenta la información utilizada para poder comprender el funcionamiento de las redes con fibra óptica y las redes inalámbricas, así como la importancia de las redes de banda ancha en la sociedad; adicionalmente, se presenta un estudio demográfico de la provincia de Piura, el cual permitió que se pueda determinar el ancho de banda necesario para la red.

En el Capítulo III: DISEÑO DE LA RED, se muestra el proceso de dimensionamiento realizado en base al estudio demográfico, el cual sirvió para determinar el ancho de banda necesario que debe cubrir la red; además, se realizó el diseño de la red de transporte óptico y el diseño de la red inalámbrica con sus respectiva selección de componentes.

En el Capítulo IV: PRESUPUESTO, se muestran el costo total que se necesita para poder implementar el proyecto.

En el Capítulo V: CONCLUSIONES, se presentan las razones por las que consideramos que el diseño de la red es correcto y viable.

# **ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

## **CAPITULO I**

## **1.1. Aspecto informativo**

### **1.1.1. Título**

Propuesta de diseño de una red de banda ancha para mejorar los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la provincia de Piura.

### **1.1.2. Personal Investigador**

#### **1.1.2.1. Autor**

Bach. Ronald Harry Reinos Sandoval.

#### **1.1.2.2. Autor**

Bach. Clifford Alcibiades Caro Suárez.

#### **1.1.2.3. Asesor**

Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez.

### **1.1.3. Área de Investigación**

Ingeniería Electrónica – Telecomunicaciones.

### **1.1.4. Lugar de ejecución**

Provincia de Piura.

### **1.1.5. Duración**

04 meses.

## **1.2. Aspecto de la investigación**

### **1.2.1. Situación problemática**

La Banda Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole, con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros. Ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado.

La Banda Ancha constituye uno de los soportes de las actividades de las sociedades modernas y es uno de los condicionantes del nivel de competitividad y desarrollo de los países, permitiendo la inserción de la

población en la Sociedad de la Información y en esa medida, incrementando su bienestar.

Por ello, no han sido pocos los países que han adoptado políticas públicas de estímulo a la Banda Ancha y existe una tendencia a brindarle un tratamiento semejante al de un bien público. Inclusive, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) han conformado una Comisión de Banda Ancha para el Desarrollo Digital, que definirá estrategias para acelerar la creación de sistemas de transmisión de Banda Ancha en todo el mundo. Asimismo, examinará qué aplicaciones pueden permitir que las redes de comunicación de Banda Ancha mejoren la prestación de toda una amplia serie de servicios sociales, desde la salud a la educación, pasando por la gestión ambiental, la seguridad y muchos otros servicios más.

En nuestro país existe una gran brecha digital debido a que los servicios de Banda Ancha no llegan a las zonas rurales, lo cual se debe a que no existe la infraestructura adecuada para implementar redes de comunicación que permitan llevar los servicios de internet y telefonía de alta velocidad. Para hacer frente a este problema, el gobierno emprendió un proyecto que permitirá llevar servicios de Banda Ancha a las zonas más recónditas de nuestro país. Este proyecto es la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO).

Sin embargo, en algunas zonas rurales solo se ha realizado el tendido de la fibra óptica sobre la infraestructura de alta y baja tensión eléctrica y en carreteras. Debido a esto, se realizará el diseño de una red que permita brindar servicios de internet y telefonía a los pobladores de las localidades de la Provincia de Piura utilizando como referencia los nodos centrales establecidos por la RDNFO.



### 1.2.2. Antecedentes

#### 1) **Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región Tumbes (2013).**

a) **Autor:** Muñoz Ramírez, Cynthia Cecibel.

b) **Universidad:** Pontificia Universidad Católica del Perú.

c) **Resumen:** En esta tesis se presenta el diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región Tumbes y tiene como objetivo la conectividad regional, integrando todos los distritos de la región con redes de alta capacidad de transmisión que permitan atender las necesidades de comunicaciones de banda ancha, además de la conectividad integral a la red de banda ancha nacional. El proyecto plantea ser un instrumento que contribuya al desarrollo socioeconómico y el mejoramiento de calidad de vida de la población de la región. Para tal propósito, la autora realiza un análisis demográfico de la región que permita proyectar la demanda de los servicios de telecomunicaciones en un periodo de 10 años, con lo cual se podrá estimar la capacidad de la red. El proyecto hace uso de la infraestructura eléctrica de alta y media tensión existente en la región; sobre dicha infraestructura se soportará cable de fibra óptica tipo ADSS, totalmente dieléctrico y flexible. A partir de dicha red se tendrán los nodos de transporte, se definirá el trazado de la ruta de fibra óptica, tecnologías y capacidades a ser empleadas en la red. Además, presenta el análisis económico del proyecto, donde se evalúa la sostenibilidad y rentabilidad en el tiempo. Al final de este trabajo, se pueden identificar las consideraciones necesarias que se deben tomar en cuenta para realizar el despliegue e implementación de la red de banda ancha propuesta para la región Tumbes.

#### 2) **Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (2016).**

a) **Autor:** López Polo, Elliot Darwin.

b) **Universidad:** Universidad de Ciencias y Humanidades (Perú).

c) **Resumen:** En este trabajo de tesis se presenta el diseño de una red que permita mejorar la velocidad y la capacidad de transmisión de internet, televisión digital, telefonía y servicios multimedia que

incidan en los niveles de satisfacción para los usuarios de Coishco en Ancash. Otros de los objetivos de esta son son: Analizar si los usuarios necesitan más ancho de banda, identificar cuanto ancho de banda se necesita, identificar los elementos de la red de fibra óptica que se necesitan para el diseño, determinar las pérdidas de la red de fibra óptica y verificar si corresponden a las pérdidas establecidas, además de determinar el costo necesario para implementar la red de fibra óptica.

### **3) Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región San Martín (2012).**

- a) Autor:** Bedregal León, Claudio.
- b) Universidad:** Pontificia Universidad Católica del Perú.
- c) Resumen:** En este proyecto de tesis se presenta el diseño de una nueva red de transporte que use la tecnología de la fibra óptica para poder aumentar los servicios de telecomunicaciones de banda ancha en la región San Martín. Este proyecto se realizó en el marco de la implementación de dos grandes proyectos en el país: El Plan Nacional de Banda Ancha y la construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica del Perú. Para poder llevar a cabo los objetivos de este proyecto, se hace uso del Decreto Supremo 034-2010-MTC el cual establece como política nacional la obligación de instalar fibra óptica y/o ductos y cámaras en todos los nuevos proyectos de infraestructura destinados a brindar servicios de energía eléctrica, hidrocarburos y transporte en el país. De acuerdo a esto, se utiliza la línea de transmisión Carhuaquero – Cajamarca Norte – Caelil – Moyobamba (220kV), que incluye a las regiones de Cajamarca, Amazonas y San Martín. Esta red eléctrica es la salida del tráfico total de la región San Martín hacia las redes troncales principales del país, ubicadas en la costa. Para la red de transporte local de la región, se plantea que desde Moyobamba se realice el tendido de fibra óptica hacia las 10 capitales provinciales y hacia la mayoría de las 67 capitales distritales de la región, usando el recorrido de las carreteras nacionales o locales que cruzan San Martín. Con esto se logra obtener toda una red troncal de fibra óptica de última generación desplegada sobre toda la región San

Martín y que se interconecta con las principales redes de transporte del país.

### **1.2.3. Formulación del problema científico**

¿De qué manera la Propuesta de Diseño de una Red de Banda Ancha puede mejorar los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la Provincia de Piura?

### **1.2.4. Objetivos**

#### **1.2.4.1. Objetivo general**

Diseñar una Red de Banda Ancha para mejorar los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la Provincia de Piura.

#### **1.2.4.2. Objetivos específicos**

- 1) Realizar un estudio demográfico para poder calcular el ancho de banda necesario para satisfacer la demanda de la población de acuerdo a los porcentajes actuales de penetración de los servicios de telecomunicaciones en nuestro país.
- 2) Estudiar las principales tecnologías de acceso a los servicios de Banda Ancha, así como sus ventajas y desventajas para determinar cuál es la mejor opción para este proyecto y poder seleccionar los dispositivos adecuados.

### **1.2.5. Justificación e importancia de la investigación**

Actualmente, existen muchas tecnologías de acceso a servicios de Banda Ancha que compiten por ser la mejor en el mercado. Tal es el caso de ADSL que ha mejorado sus velocidades de acceso, siendo además la tecnología más usada por los hogares de nuestro país. También se están desplegando redes de Banda Ancha que combinan tecnologías de Fibra Óptica e Inalámbricas, que permiten tener acceso a internet con grandes velocidades.

Lamentablemente, los servicios de Banda Ancha no están presentes en muchas zonas rurales de nuestro país. Esto aumenta la brecha digital existente ya que los pobladores rurales no cuentan con servicios como internet, telefonía y cable.

Este proyecto de tesis propone el diseño de una red de Banda Ancha formada por una red de transporte óptico y otra red con tecnología inalámbrica para mejorar la calidad de los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la provincia de Piura. De esta manera, se podrán ofrecer servicio de internet y telefonía con altas velocidades de acceso teniendo en cuenta el ancho de banda necesario para satisfacer la demanda requerida por la población.

#### **1.2.6. Hipótesis**

Con la Propuesta de Diseño de una Red de Banda Ancha se pueden mejorar los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la Provincia de Piura.

#### **1.2.7. Diseño y contrastación de la hipótesis**

Usando la demanda de ancho de banda calculada mediante el análisis demográfico en las localidades beneficiadas y los conceptos sobre arquitecturas de redes con fibra óptica y redes inalámbrica, se podrá diseñar una red de banda ancha que permita mejorar los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la Provincia de Piura.

# **MARCO TEÓRICO**

## **CAPITULO II**

## **2.1. Análisis de la Provincia de Piura, sus Distritos y Localidades**

### **2.1.1. Región Piura**

La región Piura es uno de las veinticuatro regiones que forman la República del Perú. Su capital y ciudad más poblada es la ciudad de Piura. Con 46,7 hab/km<sup>2</sup>, es el cuarto departamento más densamente poblado, por detrás de Lima, Lambayeque y La Libertad. (Namoc Romero, 2017)

Comprende una dilatada planicie en su mayor extensión y una región montañosa menos extensa en la zona oriental del departamento. Desde la zona montañosa discurren los ríos Quiroz, Piura y Chira, que irrigan las zonas cultivadas de la planicie costera, donde se extiende el bosque seco ecuatorial y el desierto peruano. (Namoc Romero, 2017)

Sus límites geográficos son los siguientes (Namoc Romero, 2017):

- Por el norte: con Tumbes y Ecuador.
- Por el sur: con Lambayeque.
- Por el este: con Cajamarca.
- Por el oeste: con el Mar de Grau.

El departamento de Piura está constituido por ocho Provincias (Ver Figura 1):

- Provincia de Piura.
- Provincia de Ayabaca.
- Provincia de Huancabamba.
- Provincia de Morropon.
- Provincia de Paita.
- Provincia de Sullana.
- Provincia de Talara.
- Provincia Sechura.



**Figura 1:** Región Piura.

Según información obtenida a través del INEI, la población estimada del Departamento Piura es de 1, 858,617 habitantes. (INEI, 2017)

### **2.1.2. Provincia de Piura**

La provincia de Piura está ubicada al noroeste del Perú, situada en la parte central del departamento de Piura. (Namoc Romero, 2017)

Sus límites geográficos son los siguientes (Namoc Romero, 2017):

- Por el noroeste: con las Provincias de Paita y Sullana.
- Por el este: con Morropon, Ayabaca y Lambayeque.
- Por el suroeste: con Sechura.

La Provincia de Piura se divide en diez distritos (Ver Tabla 1 y Figura 2).

**Tabla 1:** Distritos de la Provincia de Piura.

Distrito	Creación	Altura
<b>CASTILLA</b>	30 de marzo de 1861	32 m.s.n.m
<b>CATACAOS</b>	21 de junio de 1825	23 m s. n. m
<b>CURA MORI</b>	19 de febrero de 1965	28 m s. n. m.
<b>EL TALLAN</b>	19 de febrero de 1965	15 m s. n. m.
<b>LA ARENA</b>	15 de junio de 1920	22 m s. n. m.
<b>LA UNIÓN</b>	28 de diciembre de 1927	17 m s. n. m.
<b>LAS LOMAS</b>	3 de abril de 1936	240 m s. n. m.
<b>PIURA</b>	1823	36 m s. n. m.
<b>TAMBOGRANDE</b>	8 de octubre de 1840	72 m s. n. m.
<b>26 DE OCTUBRE</b>	15 de enero de 2013	30 m s. n. m.



**Figura 2:** Provincia de Piura.

Según información del INEI, la población estimada de la Provincia de Piura es de 771,613 habitantes. (INEI, 2017)



En la Tabla 2 se puede apreciar la cantidad de habitantes por cada Distrito.

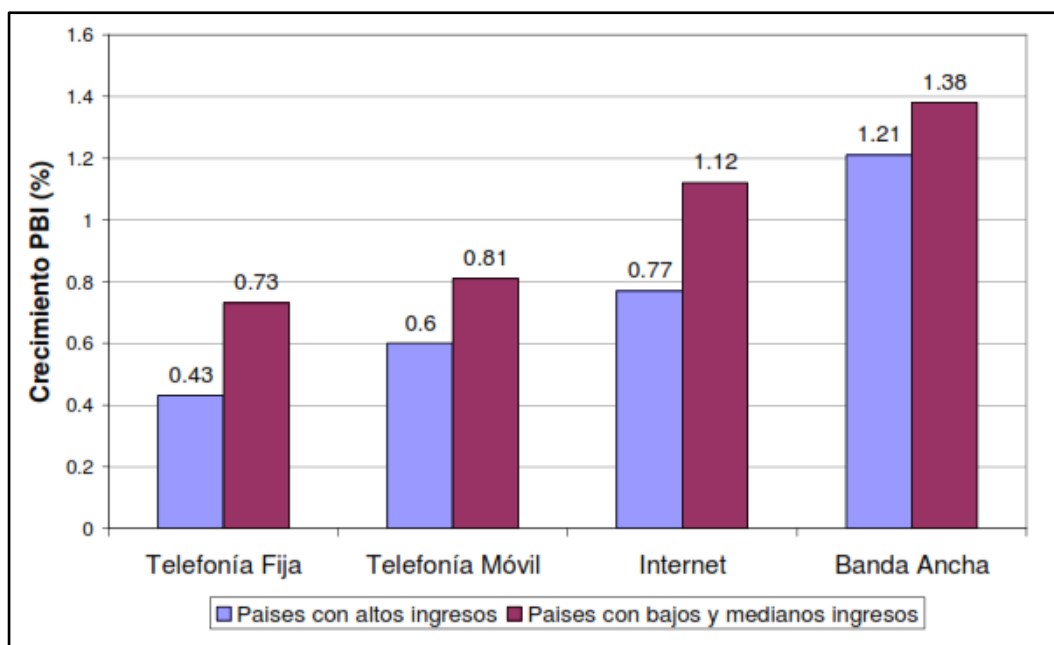
**Tabla 2:** Población de los Distritos.

Distrito	Población
<b>CASTILLA</b>	144.328,00
<b>CATACAOS</b>	73.435,00
<b>CURA MORI</b>	18.785,00
<b>EL TALLAN</b>	5.506,00
<b>LA ARENA</b>	37.902,00
<b>LA UNIÓN</b>	40.932,00
<b>LAS LOMAS</b>	27.111,00
<b>PIURA</b>	154.750,00
<b>TAMBOGRANDE</b>	120.022,00
<b>26 DE OCTUBRE</b>	148.842,00

## **2.2. Banda Ancha**

La Banda Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole, con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros. Ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado. Las potencialidades de la Banda Ancha como instrumento dinamizador del desarrollo y la competitividad, han sido reconocidas por diferentes países, organismos y foros internacionales. (MTC, 2011)

Así, el Banco Mundial en el Estudio “Información y Comunicación para el desarrollo 2009: Ampliar el alcance y aumentar el impacto”, refiere que la Banda Ancha incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico, y por lo tanto merece un rol central en las estrategias de desarrollo de los Estados, siendo que con un 10% de aumento de las conexiones de Banda Ancha se incrementa el crecimiento económico de un país en un 1,3%, lo que convierte a este servicio como el de mayor incidencia en este crecimiento. (MTC, 2011)



**Figura 3:** Impacto de las telecomunicaciones en el crecimiento del PBI.

Por su parte, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), considera que el acceso y uso de internet, en particular de Banda Ancha, son elementos claves para el desarrollo de las sociedades y economías modernas, dado que condicionan la competitividad de los países y la inclusión social. Así, consideran urgente cerrar la brecha digital en Banda Ancha, pues en la medida en que crece la relevancia de esta tecnología en el quehacer de las sociedades, se profundizan nuevas formas de exclusión social. La falta de acceso en América Latina y el Caribe a esta herramienta genera otras brechas en áreas como la producción, la innovación, la educación y la salud, entre otras. (MTC, 2011)

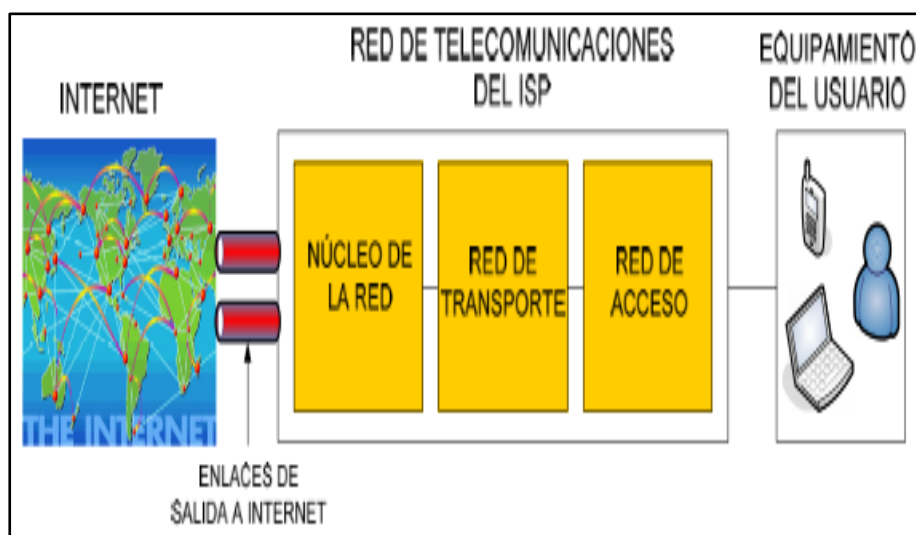
En efecto, la Banda Ancha constituye uno de los soportes de las actividades de las sociedades modernas y es uno de los condicionantes del nivel de competitividad y desarrollo de los países, permitiendo la inserción de la población en la Sociedad de la Información y en esa medida, incrementando su bienestar. (MTC, 2011)

Por ello, no han sido pocos los países que han adoptado políticas públicas de estímulo a la Banda Ancha y existe una tendencia a brindarle un tratamiento semejante al de un bien público. Inclusive, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) han conformado una Comisión de Banda Ancha para el Desarrollo Digital, que definirá estrategias para acelerar la creación de sistemas de transmisión de Banda Ancha en todo el mundo. Asimismo, examinará qué aplicaciones pueden permitir que las redes de comunicación de

Banda Ancha mejoren la prestación de toda una amplia serie de servicios sociales, desde la salud a la educación, pasando por la gestión ambiental, la seguridad y muchos otros servicios más. (MTC, 2011)

### 2.2.1. Redes de Banda Ancha

La estructura actual de las redes de telecomunicaciones de Banda Ancha para el acceso a Internet, está conformada en términos generales por los elementos que se observan en la Figura 4. (ITU, 2013)



**Figura 4:** Estructura de las Redes de Banda Ancha para el acceso a Internet.

Estas redes para brindar acceso a Internet a los usuarios, requieren contar con una serie de elementos, entre ellos (ITU, 2013):

- **Enlaces de Salida a Internet:** Son enlaces de comunicaciones de alta velocidad que permiten interconectar la red de telecomunicaciones del ISP (siglas en inglés de Proveedor de Servicios de Internet) con Internet. En términos generales, existen dos tipos de enlaces:
  - **Enlaces Internacionales:** Estos enlaces unen los países y continentes a través de cables submarinos de fibra óptica.
  - **Enlaces Locales:** Son enlaces de comunicaciones con los puntos de intercambio de tráfico local, también conocidos como puntos de acceso a la red o NAP, por sus siglas en inglés (Network Access Point). Usualmente estos enlaces son de fibra óptica.

- **Red de Telecomunicaciones del ISP:** Tiene los siguientes componentes:
  - **Núcleo de la Red:** Está compuesto principalmente por redes y equipos de conmutación de paquetes de alta capacidad y velocidad, que permiten concentrar el tráfico de todos los usuarios de la red y encaminar los datos desde y hacia Internet, a través de los enlaces internacionales.
  - **Red de Transporte:** Consiste en la infraestructura, medios de transmisión y equipos necesarios para transportar las señales de telecomunicaciones. Esta red está constituida por enlaces que unen distintas zonas de una misma ciudad, así como las diversas regiones y provincias del país, y utiliza principalmente tres clases de medios de transporte: fibra óptica, enlaces microondas y enlaces satelitales (ver Tabla 3).

**Tabla 3:** Medios de transporte en Banda Ancha.

Tipo de medio	Medio de Acceso	Velocidad	Infraestructura necesaria
<b>Alámbrico</b>	Fibra óptica, par de cobre, cable coaxial	Alta	Ductos subterráneos, postes, torres eléctricas
<b>Inalámbrico</b>	Enlaces terrestres	Media	Torres de telecomunicaciones y antenas
	Enlaces satelitales	Baja	Obras civiles para instalar el Hub satelital

- **Red de Acceso:** Consiste en la infraestructura, equipos de telecomunicaciones y medios de acceso necesarios para conectar los terminales de los usuarios con la red. Esta red tiene un alcance corto, de pocos kilómetros, generalmente dentro de un distrito, y utiliza principalmente alguna de las siguientes tecnologías: ADSL, DOCSIS, WiMAX, UMTS, HSPA, LTE, VSAT y líneas dedicadas (ver Tabla 4).

**Tabla 4:** Tecnologías utilizadas en Banda Ancha.

Tipo de medio	Medio de Acceso	Tecnologías más usadas en el Perú	Velocidades típicas en el Perú	Infraestructura necesaria
<b>Alámbrico</b>	Medios ópticos: Fibra óptica	Líneas dedicadas	Hasta 1 Gbps	Ductos subterráneos, postes
	Medios eléctricos: par de cobre, cable coaxial, otros.	ADSL, DOCSIS (Cable modem), líneas dedicadas.	Hasta 5 Mbps	Ductos subterráneos, postes
<b>Inalámbrico</b>	Redes terrestres	Líneas dedicadas, Wi-Fi, WiMAX, UMTS, HSPA, LTE	Hasta 2 Mbps	Torres de telecomunicaciones y antenas
	Redes satelitales	VSAT	Hasta 512 Kbps	No requiere

Cabe señalar que actualmente las tecnologías ofrecidas por las empresas operadoras en el país para prestar el servicio de acceso a Internet móvil de Banda Ancha, son las tecnologías de acceso inalámbricas LTE, UMTS y HSPA. También las tecnologías GPRS y EDGE pueden brindar acceso a Internet móvil, aunque con velocidades bastante inferiores. (Bossio, 2011)

### 2.2.2. Medios de acceso a las Redes de Banda Ancha

En el mercado existen operadores de redes y servicios de comunicaciones electrónicas que utilizan diferentes tecnologías para prestar servicios de banda ancha a los usuarios finales. Estas tecnologías no requieren sólo de redes de acceso para la prestación de sus servicios, sino que necesitan de una red de transporte (backbone) que permita llevar la información a altas velocidades entre ciudades. (Córdova, s.f.)

Las tecnologías de acceso de banda ancha pueden clasificarse en tres grupos según el tipo de acceso: Acceso cableado, acceso inalámbrico y acceso móvil. (Córdova, s.f.)

#### a) Medios de acceso cableado

Son aquellos accesos que requieren una conexión por medio de un cable hasta el terminal del usuario, por lo que la ubicación del usuario es relativamente fija. Este es el caso de la mayoría de servicios de banda ancha domésticos. (Argüelles Rodríguez, Balayo Atanes, & Ares Sainz, 2016)

Estos accesos se pueden basar en las siguientes tecnologías: xDSL, HFC y Fibra óptica. (Argüelles Rodríguez, Balayo Atanes, & Ares Sainz, 2016)

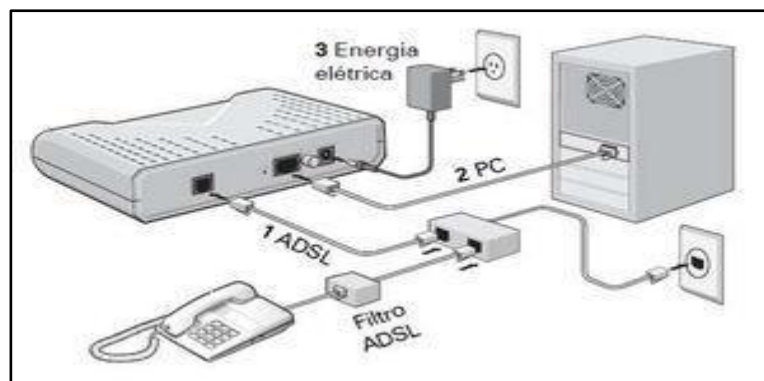
### **xDSL**

Es la familia de tecnologías comúnmente conocidas como "ADSL" y que proveen acceso a Internet de banda ancha a través de la red telefónica tradicional, es decir a través de cables de pares de cobre. Estas redes, aunque son muy comunes, tienen límites en cuanto a la velocidad máxima y distancia de cobertura, por lo que están viéndose progresivamente sustituidas por redes basadas en fibra óptica con mejores características para la transmisión de datos a alta velocidad y a largas distancias.

Mientras que el estándar ADSL básico no permite velocidades superiores a los 8 Mbps, la tecnología más implantada actualmente es la denominada ADSL2+ que permite alcanzar hasta 24 Mbps en condiciones ideales. La tecnología VDSL permite una velocidad máxima de descarga de 52 Mbps y VDSL2 hasta 100 Mbps, también en condiciones ideales.

Estas velocidades son las cotas máximas alcanzables, lo que no implica que los usuarios puedan disponer de ellas en todas las líneas ni en todo momento. Habrá líneas que, por sus características físicas, fundamentalmente la longitud, nunca puedan alcanzar estos niveles máximos. Esto es lo que motiva que determinadas ofertas disponibles en el mercado que anuncian velocidades "de hasta 20 Mbps" no garanticen que todos los clientes puedan llegar a disponer de esta velocidad máxima.

Por otra parte, aunque la línea de acceso es dedicada para cada usuario, las redes de datos que canalizan el tráfico de conjuntos de líneas ADSL se dimensionan teniendo en cuenta su carácter de recurso compartido, de manera que a medida que haya más usuarios conectados la velocidad real que disfruta cada uno tiende a disminuir.



**Figura 5:** Acceso a servicios de Banda Ancha a través de ADSL.

## HFC

Estas tecnologías se basan en cables coaxiales para proveer acceso a Internet. Estas redes no están compuestas exclusivamente por cables coaxiales, sino que también utilizan fibra óptica en sus tramos troncales, por lo que se conocen como redes híbridas de fibra óptica y cable (HFC).

El cable coaxial se empleó inicialmente para distribuir señales de TV en zonas donde la difusión radioeléctrica era complicada tratándose tan sólo de un medio de distribución unidireccional.

El ancho de banda que puede proporcionar es grande, aunque limitado, y al aumentar la oferta de canales se fue incorporando fibra óptica en las partes centrales de la red dando lugar a la topología HFC (híbrido fibra-coaxial). De este modo se pasó de sistemas de distribución a sistemas bidireccionales completos de telecomunicaciones con capacidad de transmitir servicios de voz y datos.

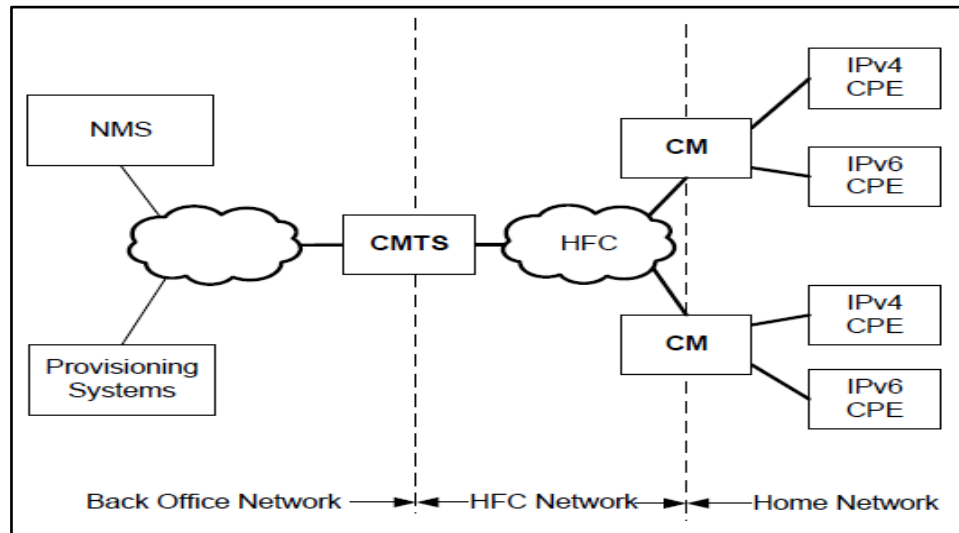
En la red de arquitectura HFC la fibra llega hasta un OTN (Optical Terminal Node), punto donde se convierte la señal del dominio óptico al eléctrico. A partir de aquí la distribución se hace mediante cable coaxial, que es compartido por una cantidad de usuarios finales que suele oscilar entre 8 y 500, dependiendo fundamentalmente de hasta dónde llegue la fibra óptica.

El cable módem es un terminal de usuario que permite la provisión de servicios de banda ancha a través de las redes de cable.

DOCSIS es el estándar utilizado por estos dispositivos para la transmisión de datos a través de las redes de cable. Mediante el estándar DOCSIS 3.0 se

pueden alcanzar velocidades teóricas de descarga de hasta 1.6 Gbps en condiciones ideales, si bien las velocidades comercializadas pueden ser menores.

Los componentes principales de la arquitectura DOCSIS son el Cable Modem (CM), ubicado en las instalaciones del cliente, y el CMTS (Cable Modem Termination System), ubicado en la cabecera de la red.



**Figura 6:** Elementos de la arquitectura DOCSIS.

El CM tiene como función principal la de 'Gateway' pasando del protocolo de la red de coaxial a un protocolo Ethernet en la sede de cliente. Sobre él se conectará el dispositivo final de comunicaciones, como puede ser un router, en cuyo caso puede estar embebido sobre el propio CM.

El CMTS tiene la función de agregación y control, siendo el punto de enlace entre la red del operador y la red HFC, intercambiando paquetes entre estos dos dominios.

### **Fibra óptica**

Es un medio de transmisión con muy buenas características en cuanto a alta capacidad y baja atenuación, lo que lo hace un medio idóneo para ser utilizado en las redes de telecomunicaciones, permitiendo enviar grandes cantidades de datos a largas distancias.

Atendiendo al tamaño del núcleo y del revestimiento de la fibra óptica, las fibras son de tipo multimodo o de tipo monomodo.

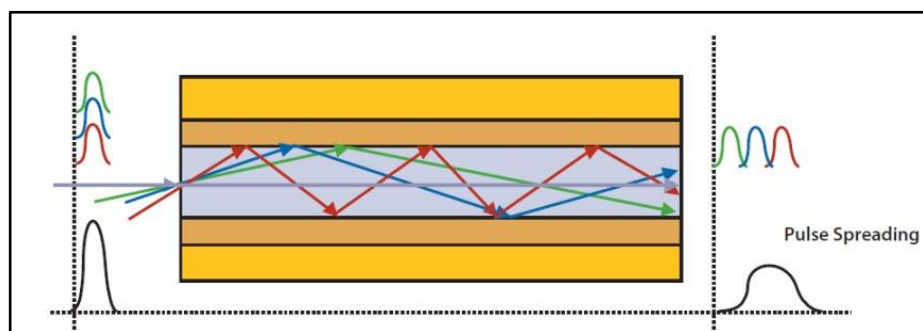




**Figura 7:** Tipos de Fibra Óptica.

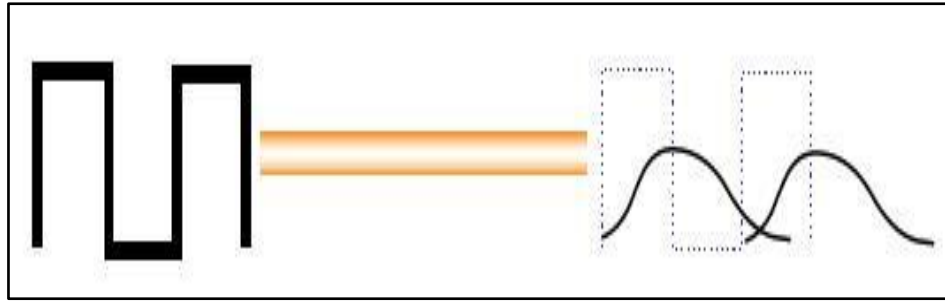
Las fibras ópticas multimodo tienen la ventaja de exigir un acople de luz menos preciso, al permitir el trabajo tanto con fuente de luz Láser como con fuente de luz Led. Las fibras de tipo monomodo trabajan únicamente con fuente de luz Láser. Pero las fibras ópticas multimodo tienen el inconveniente de que poseen un ancho de banda menor que las fibras monomodo. Un ancho de banda menor significa que por una fibra multimodo la velocidad máxima en bits por segundo va a ser menor que en una fibra monomodo. Esta menor velocidad se produce por la denominada dispersión modal de las fibras ópticas.

Las fibras ópticas al igual que todos los medios de transmisión también tienen un límite físico de velocidad máxima de transmisión en bps (Teorema de Shannon). En las fibras ópticas multimodo esta limitación de velocidad se produce fundamentalmente por la dispersión modal que provoca que pulsos estrechos de luz en la entrada se conviertan en pulsos redondeados y de mayor duración.



**Figura 8:** Dispersión modal.

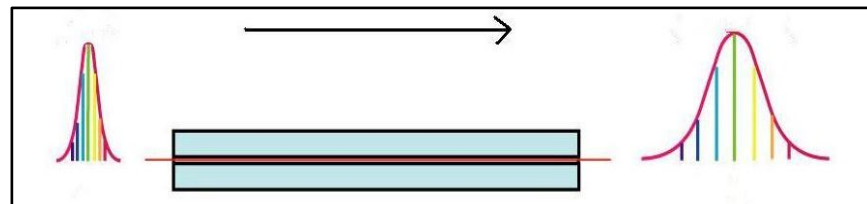
Si se introducen muchos pulsos de luz seguidos, es decir, muchos bits seguidos, entonces los pulsos de luz se solapan en la salida, impidiendo al receptor reconocer los pulsos de luz emitidos.



**Figura 9:** Solapamiento por exceso de dispersión modal.

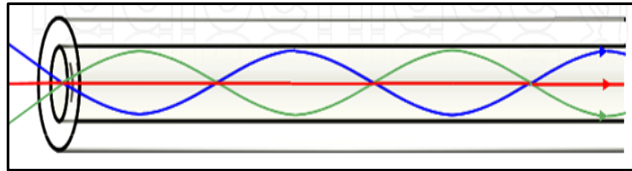
En cambio, en las fibras monomodo, al haber solo un “modo” o rayo de luz no se produce dispersión modal, pero si se produce la dispersión cromática debido a las diferentes longitudes de onda de la luz transmitida. Aun utilizando una fuente de luz muy pura, como es la luz láser, siempre existen varias longitudes de onda y por lo tanto siempre se producirá un poco de dispersión cromática.

Al igual que con la dispersión modal, una dispersión cromática excesiva produce ensanchamiento de los pulsos y disminución de la velocidad máxima en bps].



**Figura 10:** Dispersión Cromática.

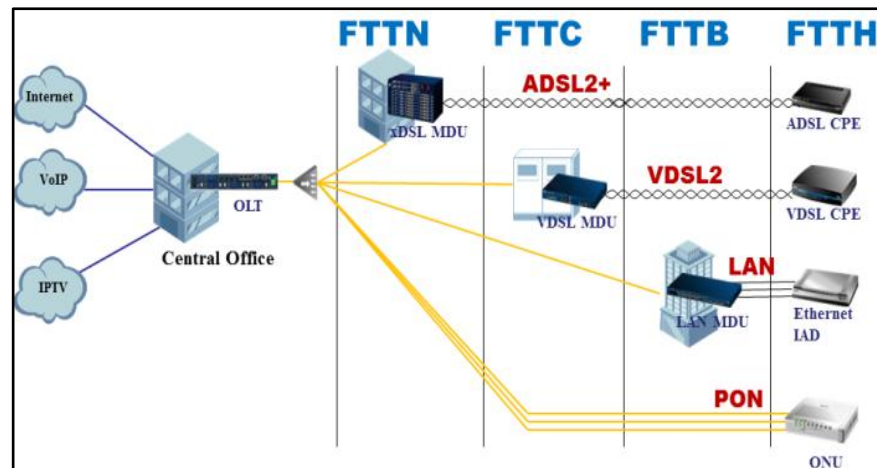
Hoy en día la mayoría de las fibras ópticas de tipo multimodo son de índice gradual. En estas fibras el índice de refracción del núcleo no es constante, sino que va variando de forma progresiva mediante una ley matemática calculada al efecto. De esta manera los rayos de luz que van por el centro del núcleo de la fibra y que recorren un camino más corto van más lentos (índice de refracción mayor) que los rayos de luz que recorren un camino más largo. Con esto se consigue reducir la dispersión modal y aumentar en consecuencia el ancho de banda de la fibra óptica.



**Figura 11:** Fibra Multimodo de Índice Gradual.

Las redes puras de fibra óptica están compuestas enteramente por cables de fibra óptica, por lo que también son denominadas como redes de fibra hasta el hogar, en inglés, Fiber To The Home (FTTH), pero en general podemos hablar de redes FTTx (Fiber to the x), diferenciando específicamente cada tipo en función del punto de terminación de la fibra:

- **FTTH - (Fiber-to-the-home):** En este caso la fibra constituye el único elemento portador extremo a extremo, llegando hasta el interior de la casa u oficina del usuario. Las redes FTTH permiten ofrecer velocidades de descarga muy superiores a las redes convencionales de cobre que utilizan los servicios xDSL, pudiendo alcanzar velocidades teóricas de descarga de más de 1 Gbps en condiciones ideales, si bien en la práctica las velocidades comercializadas pueden ser menores debido a diversos factores.
- **FTTB - (Fiber-to-the-building):** En este escenario la fibra óptica termina en el edificio de viviendas u oficinas. Habitualmente en un punto de distribución intermedio en el interior de la sede destinado a las comunicaciones (RITI) o muy próximo al mismo. El tramo final hacia la conexión de los usuarios se realiza habitualmente mediante par de cobre o coaxial. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del edificio del abonado.
- **FTTN - (Fiber-to-the-node):** En FTTN la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio, estando por tanto más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB.
- **FTTC - (Fiber-to-the-cabinet):** Este caso es similar a FTTN, pero la cabina o armario de telecomunicaciones está más cerca del usuario.



**Figura 12:** Acceso a servicios de Banda Ancha mediante Fibra Óptica.

Independientemente de cuál de las modalidades sea la escogida, todas ellas están basadas en un comportamiento de red compartida entre los distintos usuarios, en estructura de árbol en la que desde un único punto común se va ramificando la infraestructura hasta llegar a cada usuario.

En cada uno de los puntos de ramificación intermedia se realiza una división de la señal inyectada en elementos pasivos denominados splitters en múltiples señales de salida. Además, para el cometido de las redes de comunicación también realizan el proceso inverso, actuando como acoplador y combinando las señales en una única salida. De esta forma se permite el uso bidireccional de las redes de datos.

Obviamente en cada una de estas etapas la señal se ve atenuada en función del número de divisiones que se realicen (más atenuación cuantas más salidas resultantes), lo que afecta considerablemente el alcance de este tipo de redes.

## **b) Medios de acceso inalámbrico**

Son aquellos accesos que no requieren una conexión por cable hasta el terminal del usuario, dado que la comunicación se produce de forma inalámbrica a través de ondas electromagnéticas, pero que requieren que el usuario esté a una distancia del punto de acceso no superior al alcance del mismo. (Castro Freire, Juncal García, & Lado Martínez, 2016)

Este tipo de accesos normalmente suplen o complementan a los accesos cableados, sustituyendo el último tramo de cable que conecta el terminal de

usuario a la red, por un enlace inalámbrico, como sucede en las redes Wi-Fi domésticas. Estos accesos, aunque dan cierta movilidad al usuario, ésta no es total, ya que está limitada a una zona concreta que depende de la cobertura del punto inalámbrico de acceso. Cabe destacar que, a pesar de las velocidades permitidas por cada tecnología de acceso inalámbrico, la velocidad real de acceso a Internet dependerá de la velocidad que se tenga contratada con el proveedor de servicio de acceso a Internet. (Salvetti, 2011)

Una ventaja que obtenemos al usar una red inalámbrica comparándola con las redes cableadas es la movilidad que adquiere el usuario de estas redes. (Salvetti, 2011)

La portabilidad es otro punto fundamental, ya que permite a los usuarios moverse junto con los dispositivos conectados a la red inalámbrica, tales como notebooks, celulares o similares, sin perder el acceso a la red. Así, se facilita el trabajo al permitir la movilidad por toda el área de cobertura. (Salvetti, 2011)

La flexibilidad es otra ventaja de las redes sin cables. Podemos situar una notebook sobre un escritorio para luego desplazarla hacia el dormitorio, sin tener que realizar el más mínimo cambio de configuración de la red. (Salvetti, 2011)

Entre las tecnologías de este tipo se encuentran: Wi-Fi, WiMAX y los satélites. (Castro Freire, Juncal García, & Lado Martínez, 2016)

## **Wi-Fi**

La tecnología Wi-Fi permite la comunicación entre dispositivos de forma inalámbrica a través de ondas electromagnéticas (2,4 GHz y 5 GHz). Debido a su facilidad de instalación y funcionamiento se ha convertido en una de las tecnologías inalámbricas más populares, y es ampliamente utilizada en redes domésticas, sustituyendo la conexión por cable desde el terminal de usuario hasta el router o módem que da acceso a Internet. También se está extendiendo su uso en otras localizaciones como cafeterías, hoteles, estaciones de transporte o puntos de acceso metropolitano. En la actualidad multitud de dispositivos electrónicos disponen de conectividad Wi-Fi para acceder a Internet (ordenadores, teléfonos inteligentes, tabletas, televisores,

consolas de videojuegos, etc.). Este desarrollo e implantación se ha visto facilitado por la ausencia de necesidad de autorización administrativa previa para el uso de las frecuencias en que se basa la tecnología Wi-Fi.

La velocidad máxima y el alcance de las conexiones Wi-Fi dependen de la versión del estándar utilizado según la familia de normas IEEE 802.11. En la actualidad, los estándares más extendidos son los correspondientes a las normas IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n que permiten velocidades de hasta 11 Mbps, 54 Mbps y 150 Mbps, respectivamente. La nueva versión del estándar, IEEE 802.11ac, permitirá velocidades teóricas de más de 800 Mbps.

El alcance de una conexión Wi-Fi ronda los 30 metros en interiores, y puede llegar a más de 100 m en el exterior. Tanto la velocidad como el alcance de los accesos Wi-Fi pueden variar dependiendo del número de usuarios conectados simultáneamente a un mismo punto de acceso, de los obstáculos entre el usuario y el punto de acceso y de otros factores que pueden reducir la velocidad y el alcance de las conexiones.

Los diferentes dispositivos que son necesarios para implementar una red inalámbrica son los siguientes: placa de red inalámbrica, punto de acceso (AP, Access Point en inglés), router inalámbrico y antenas [12].

Por último, pero no menos importante, son las interferencias sufridas en la banda de frecuencias de 2,4 GHz. Al no requerir licencia para operar en esta banda, muchos equipos del mercado la utilizan (teléfonos inalámbricos, microondas, entre otros), sumado a que todas las redes WiFi funcionan en la misma banda de frecuencias.



**Figura 13:** Red Wi-Fi.

## WiMAX

Es una tecnología que al igual que el Wi-Fi permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos a través de ondas electromagnéticas. WiMAX ofrece un rendimiento similar al de Wi-Fi, pero permite una cobertura y calidad de servicio mayores, consiguiendo un alcance teórico de hasta 50 Km para accesos inalámbricos desde una ubicación fija y alrededor de 15 Km para accesos en movilidad. La tecnología WiMAX es utilizada por algunos operadores para proveer acceso a Internet, principalmente en aquellas áreas donde no existe acceso a través de redes tradicionales de pares de cobre, cable o fibra óptica.

La velocidad máxima y alcance de las conexiones WiMAX dependen de la versión del estándar utilizado según la familia de normas IEEE 802.16. La última versión, conocida como IEEE 802.16m o WiMAX Release 2.0, permite velocidades teóricas de hasta 1 Gbps para usuarios en una ubicación fija y 365 Mbps para usuarios en movilidad, capacidades éstas que sitúan a las tecnologías WiMAX como una de las familias de tecnologías 4G. Cabe destacar que estas velocidades son máximos teóricos y que la velocidad real depende del número de usuarios conectados simultáneamente a un mismo punto de acceso y de otros factores, que hacen que las velocidades de descarga en la práctica tiendan a ser menores que los máximos teóricos.

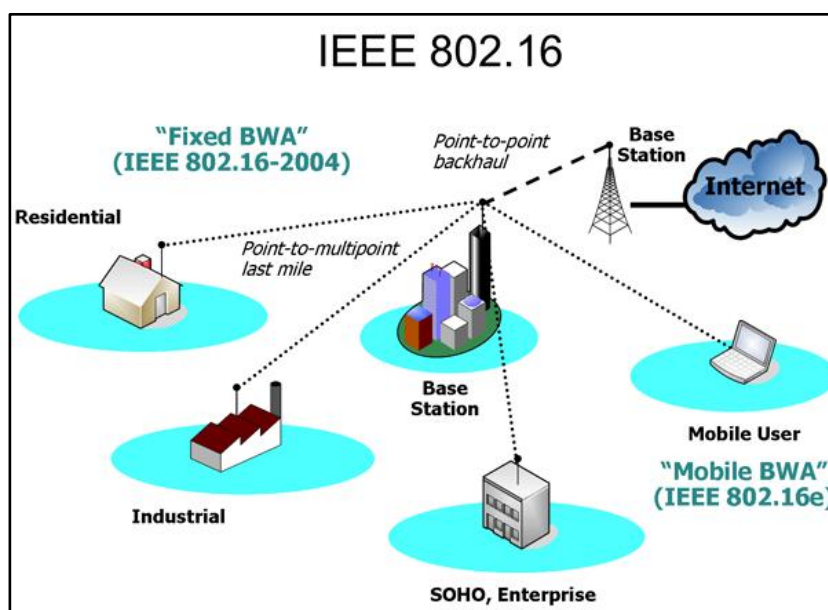


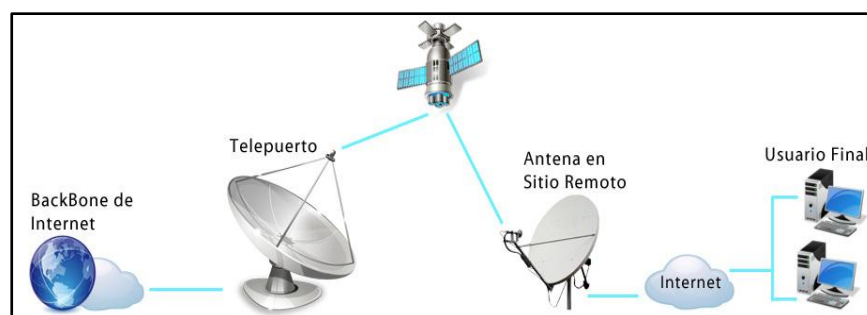
Figura 14: Red WiMAX.

## Satélites

Las comunicaciones por satélite están basadas en tecnologías inalámbricas y son especialmente útiles para la provisión de servicios de acceso de banda ancha en lugares remotos o en los que no existen despliegues a través de otras tecnologías. La principal ventaja de los accesos de banda ancha por satélite es que tienen una cobertura prácticamente universal, siempre que exista una línea de visión directa entre el satélite y el usuario del servicio.

Las velocidades máximas de los accesos de banda ancha por satélite dependen de varios factores, como la calidad de la línea de visión entre satélite y usuario, la climatología o la disponibilidad de frecuencias electromagnéticas. Los obstáculos entre el satélite y el domicilio del usuario, así como algunos fenómenos meteorológicos pueden afectar negativamente a la velocidad de conexión. Asimismo, las conexiones pueden presentar mayor latencia (retardo) que, en los accesos basados en redes terrestres, debido a las largas distancias que deben recorrer las señales electromagnéticas. Por otro lado, la disponibilidad de bandas de radiofrecuencia para las comunicaciones por satélite suele ser limitada, por lo que las velocidades ofertadas por los operadores de satélite pueden ser más reducidas que las de los accesos de banda ancha convencionales, basados en tecnologías cableadas.

El equipamiento necesario para el acceso de banda ancha a través de satélite consiste en un módem IP especial para satélite, así como la instalación en el domicilio del usuario de una antena externa con una unidad de transmisión bidireccional. El coste de este equipamiento no suele estar incluido en el alta del servicio de acceso, aunque este aspecto dependerá de las prácticas comerciales particulares de cada operador.



**Figura 15:** Red Satelital.



### **c) Medios de acceso móvil**

Son aquellos accesos inalámbricos que permiten una movilidad prácticamente plena al usuario. Esta movilidad se consigue mediante la disposición de una red de múltiples puntos de acceso inalámbrico (normalmente exteriores) de tal forma que el usuario tenga cobertura en una zona mucho más amplia que la que conseguiría con un solo punto de acceso inalámbrico. Este es el caso de los servicios de banda ancha a través de teléfono móvil. (Medina, 2010)

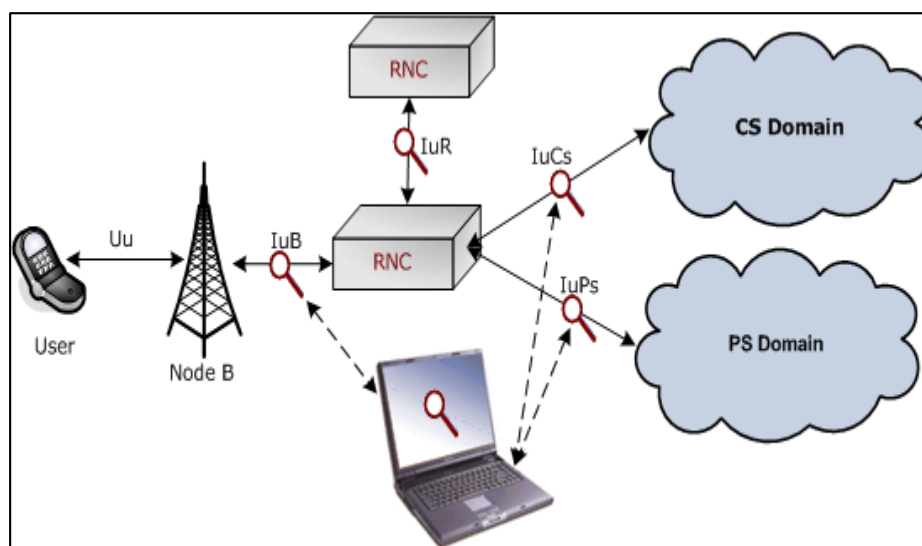
Entre las tecnologías de este tipo se encuentran: UMTS (3G) y LTE (4G). (Medina, 2010)

#### **UMTS**

Universal Mobile Telecommunications System o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles es una tecnología móvil de la llamada tercera generación (3G), sucesora de la tecnología GSM (Global System for Mobile) o 2G. Esta tecnología permite disponer de una mayor resistencia a interferencias que su predecesora, así como la utilización simultánea de conexiones de voz y datos, con velocidades de descarga que pueden alcanzar los 2 Mbps para usuarios con baja movilidad o los 144 Kbps para aquellos moviéndose en vehículos a gran velocidad. Estas características han hecho que la tecnología 3G sea una de las más extendidas y utilizadas para el acceso a Internet de banda ancha móvil.

Las sucesivas mejoras de la tecnología UMTS han conseguido mayores velocidades de descarga, como es el caso de HSPA (High Speed Packet Access) con la que se pueden alcanzar velocidades de hasta 14.4 Mbps y la evolución de ésta, HSPA+, que ofrece un máximo teórico de 42 Mbps.

Hay que tener en cuenta que la capacidad de ancho de banda de UMTS es compartida por todos los usuarios que se encuentran simultáneamente conectados a una misma estación base, y al mismo tiempo la calidad de la de la conexión depende de la distancia del usuario a la estación y de las interferencias existentes, por lo que las velocidades de descarga individuales para cada usuario pueden variar y, de hecho, tienden a ser menores que los máximos teóricos.



**Figura 16:** Arquitectura UMTS.

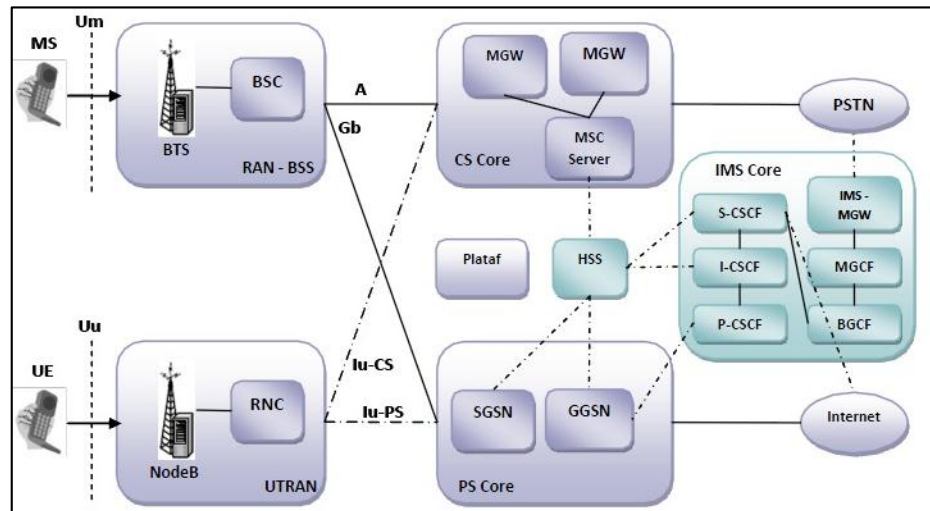
## LTE

Long Term Evolution supone el siguiente escalón tras la tecnología UMTS (3G), dando paso a la cuarta generación de telefonía móvil, o 4G, introduciendo importantes mejoras en cuanto a la gestión de las conexiones de datos y la eficiencia en la transmisión, lo que en último término redunda en redes móviles con alta capacidad para la descarga de datos y con menores costes de operación y mantenimiento. Las características de las redes 4G las hacen idóneas para soportar las redes móviles del futuro, sin embargo, implican importantes modificaciones en las infraestructuras de los operadores y, al mismo tiempo, se necesitan terminales móviles compatibles, por lo que para su despliegue y funcionamiento se requieren inversiones tanto por parte de los operadores como de los usuarios.

El LTE permite una velocidad teórica de descarga de 300 Mbps; la evolución de esta tecnología, conocida como LTE Advanced presenta las características necesarias para ser denominada como 4G, al ofrecer velocidades teóricas de hasta 1 Gbps para usuarios en una ubicación fija y de 100 Mbps para usuarios en movilidad.

Al igual que para las conexiones 3G, hay que tener en cuenta que la capacidad de ancho de banda de las tecnologías LTE y 4G es compartida por todos los usuarios que se encuentran simultáneamente conectados a una misma

estación base, y al mismo tiempo la calidad de la conexión depende de la distancia del usuario a la estación y de las interferencias existentes, por lo que las velocidades de descarga individuales para cada usuario pueden variar y, de hecho, tienden a ser menores que los máximos teóricos.



**Figura 17:** Arquitectura LTE.

# DISEÑO DE LA RED

## CAPITULO III

### 3.1. Dimensionamiento de la red

Para obtener la demanda que debe cubrir la red se ha obtenido información de las localidades beneficiadas seleccionadas y de las instituciones consideradas en el área de influencia del proyecto.

En la Tabla 5 se muestra el número de localidades beneficiadas.

**Tabla 5:** Localidades beneficiadas, instituciones y población.

Departamento	Provincia	Localidades beneficiadas
Piura	Piura	68

En la Tabla 6 se muestran las localidades beneficiadas de la Provincia de Piura con los Distritos correspondientes.

**Tabla 6:** Localidades beneficiadas.

Distrito	Localidad
EL TALLAN	El Tabanco
EL TALLAN	Nuevo Piedral

<b>EL TALLAN</b>	Nuevo Tallan
<b>EL TALLAN</b>	Nuevo Sinchao Chico
<b>EL TALLAN</b>	Chatito Sur
<b>LA ARENA</b>	Monte Grande
<b>LA ARENA</b>	Chatito
<b>LA ARENA</b>	Alto de la cruz
<b>LA ARENA</b>	Santa Elena
<b>LA ARENA</b>	Loma Negra
<b>LA ARENA</b>	Chaquira
<b>LA ARENA</b>	Casa Grande
<b>LA ARENA</b>	Rio Viejo Sur
<b>LA ARENA</b>	Rio Viejo Norte
<b>LA ARENA</b>	Pampa Chica
<b>LA ARENA</b>	Vichayal
<b>LA ARENA</b>	Pampa de los Silvas
<b>LA ARENA</b>	El Porvenir
<b>LA ARENA</b>	Casarana
<b>CURA MORI</b>	Ciudad Noé
<b>CURA MORI</b>	Nuevo Chato Grande
<b>CURA MORI</b>	Almirante Grau
<b>CURA MORI</b>	Nueva Zona More
<b>CURA MORI</b>	Chato Chico
<b>CURA MORI</b>	Chato Grande
<b>CURA MORI</b>	San Pedro
<b>CURA MORI</b>	Nuevos Pozos
<b>CURA MORI</b>	Santa Rosa
<b>CATACAOS</b>	Nuevo Pedregal
<b>CATACAOS</b>	Pedregal Grande
<b>CATACAOS</b>	La Campiña
<b>CATACAOS</b>	Narihuala
<b>CATACAOS</b>	Pedregal Chico
<b>CATACAOS</b>	Mocara
<b>CATACAOS</b>	Monte Castillo
<b>CATACAOS</b>	Buenos Aires de Cumbibira
<b>CATACAOS</b>	Paredones
<b>CATACAOS</b>	La Piedra
<b>CATACAOS</b>	La Legua – San Jacinto
<b>CATACAOS</b>	Viduque
<b>CATACAOS</b>	Simbila
<b>CATACAOS</b>	San Pablo
<b>CASTILLA</b>	Cruz de Caña

PIURA	El Molino
PIURA	Santa Rosa
PIURA	San Miguel
PIURA	Juan Pablo II
PIURA	Las Vegas
PIURA	Juan Velasco
TAMBOGRANDE	Los Chuicas
TAMBOGRANDE	La Quebrada
TAMBOGRANDE	Santa Paula
TAMBOGRANDE	San Miguel de Seren
TAMBOGRANDE	Ocoto Bajo
TAMBOGRANDE	Algarrobo
TAMBOGRANDE	El Papayo del Algarrobo
TAMBOGRANDE	San Martín CP6
TAMBOGRANDE	La Libertad CP15
TAMBOGRANDE	Tejedores
LAS LOMAS	El Partidor
LAS LOMAS	Agua Dulce
LAS LOMAS	San Miguel de Yuscay
LAS LOMAS	Cacaturu
LAS LOMAS	Pampa Elera Baja
LAS LOMAS	Puerta Pulache
LAS LOMAS	La Menta
LAS LOMAS	El Sauce
LAS LOMAS	San Francisco Bajo

En la Tabla 7 se muestra la población total y el número de viviendas estimadas para el año 2027 en cada localidad. El número de viviendas se determinó asumiendo que cada hogar está formado por cuatro integrantes.

**Tabla 7:** Población por localidad.

Nro.	Localidad	2027	Viviendas
1	El Tabanco	973	243
2	Nuevo Piedral	313	78
3	Nuevo Tallan	414	103
4	Nuevo Sinchao Chico	488	122
5	Chatito Sur	372	93
6	Monte Grande	1211	302
7	Chatito	1632	408
8	Alto de la cruz	966	241

9	<b>Santa Elena</b>	798	199
10	<b>Loma Negra</b>	1877	469
11	<b>Chaquira</b>	339	84
12	<b>Casa Grande</b>	3143	785
13	<b>Rio Viejo Sur</b>	557	139
14	<b>Rio Viejo Norte</b>	1108	277
15	<b>Pampa Chica</b>	531	132
16	<b>Vichayal</b>	2093	523
17	<b>Pampa de los Silvas</b>	384	96
18	<b>El Porvenir</b>	481	120
19	<b>Casarana</b>	247	61
20	<b>Ciudad Noé</b>	1396	349
21	<b>Nuevo Chato Grande</b>	800	200
22	<b>Almirante Grau</b>	1780	445
23	<b>Nueva Zona More</b>	551	137
24	<b>Chato Chico</b>	568	142
25	<b>Chato Grande</b>	344	86
26	<b>San Pedro</b>	302	75
27	<b>Nuevos Pozos</b>	2129	532
28	<b>Santa Rosa</b>	783	195
29	<b>Nuevo Pedregal</b>	981	245
30	<b>Pedregal Grande</b>	3059	764
31	<b>La Campiña</b>	1077	269
32	<b>Narihuala</b>	1250	312
33	<b>Pedregal Chico</b>	750	187
34	<b>Mocara</b>	485	121
35	<b>Monte Castillo</b>	2934	733
36	<b>Buenos Aires de Cumbibira</b>	260	65
37	<b>Paredones</b>	1028	257
38	<b>La Piedra</b>	978	244
39	<b>La Legua – San Jacinto</b>	7364	1841
40	<b>Viduque</b>	543	135
41	<b>Simbila</b>	3822	955
42	<b>San Pablo</b>	689	172
43	<b>Cruz de Caña</b>	473	118
44	<b>El Molino</b>	388	97
45	<b>Santa Rosa</b>	326	81
46	<b>San Miguel</b>	42	10
47	<b>Juan Pablo II</b>	89	22
48	<b>Las Vegas</b>	321	80
49	<b>Juan Velasco</b>	147	36
50	<b>Los Chuicas</b>	328	82
51	<b>La Quebrada</b>	856	214
52	<b>Santa Paula</b>	537	134
53	<b>San Miguel de Seren</b>	1014	253

54	Ocoto Bajo	525	131
55	Algarrobo	654	163
56	El Papayo del Algarrobo	547	136
57	San Martín CP6	839	209
58	La Libertad CP15	390	97
59	Tejedores	42	10
60	El Partidor	143	35
61	Agua Dulce	32	8
62	San Miguel de Yuscay	344	86
63	Cacaturio	456	114
64	Pampa Elera Baja	674	168
65	Puerta Pulache	717	179
66	La Menta	380	95
67	El Sauce	354	88
68	San Francisco Bajo	480	120

Según el informe de Osiptel y de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) - 2015, el porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones es el que se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8:** Porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones.

Servicio	Penetración (%)
Telefonía Fija	23.1
Telefonía Móvil	91.7
Internet	26.7

También se consideran los nuevos criterios de asignación de Banda Ancha establecidos por FITEI, como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9:** Nuevos criterios de asignación de Banda Ancha.

Servicio	Velocidad
Colegio	2 Mbps (30% de aulas)
Universidad	50 Mbps
Puestos de salud	2 Mbps
Centros de salud	4 Mbps
Hospitales	8 Mbps
Institutos de salud	4 Mbps
Comisarias	2 Mbps
Municipalidades	4 Mbps



<b>Sedes del Banco de la Nación</b>	2 Mbps
<b>Museos</b>	2 Mbps

En base al número de viviendas estimadas para el año 2027 de la Tabla 7 y al porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones de la Tabla 8, se obtiene la cantidad de potenciales usuarios de internet y telefonía (móvil y fija), tal como se muestra en la Tabla 10. Además, se considera que el 15% de usuarios de telefonía móvil tendrán acceso a internet.

**Tabla 10:** Potenciales usuarios de la Provincia de Piura.

Localidad	Telefonía Móvil	Telefonía Fija	Internet
<b>El Tabanco</b>	223	57	99
<b>Nuevo Piedral</b>	72	19	32
<b>Nuevo Tallan</b>	95	24	43
<b>Nuevo Sinchao Chico</b>	112	29	50
<b>Chatito Sur</b>	86	22	38
<b>Monte Grande</b>	277	70	123
<b>Chatito</b>	375	95	166
<b>Alto de la cruz</b>	221	56	99
<b>Santa Elena</b>	183	46	82
<b>Loma Negra</b>	431	109	191
<b>Chaquira</b>	78	20	35
<b>Casa Grande</b>	720	182	318
<b>Rio Viejo Sur</b>	128	33	58
<b>Rio Viejo Norte</b>	255	64	113
<b>Pampa Chica</b>	122	31	55
<b>Vichayal</b>	480	121	212
<b>Pampa de los Silvas</b>	89	23	40
<b>El Porvenir</b>	111	28	50
<b>Casarana</b>	56	15	26
<b>Ciudad Noé</b>	321	81	143
<b>Nuevo Chato Grande</b>	184	47	82
<b>Almirante Grau</b>	409	103	181
<b>Nueva Zona More</b>	126	32	56
<b>Chato Chico</b>	131	33	58
<b>Chato Grande</b>	79	20	35
<b>San Pedro</b>	69	18	32
<b>Nuevos Pozos</b>	488	123	217
<b>Santa Rosa</b>	179	46	80
<b>Nuevo Pedregal</b>	225	57	100

<b>Pedregal Grande</b>	701	177	310
<b>La Campiña</b>	247	63	110
<b>Narihuala</b>	287	73	128
<b>Pedregal Chico</b>	172	44	76
<b>Mocara</b>	111	28	50
<b>Monte Castillo</b>	673	170	297
<b>Buenos Aires de Cumbibira</b>	60	16	27
<b>Paredones</b>	236	60	105
<b>La Piedra</b>	224	57	100
<b>La Legua – San Jacinto</b>	1689	426	746
<b>Viduque</b>	124	32	56
<b>Simbila</b>	876	221	387
<b>San Pablo</b>	158	40	70
<b>Cruz de Caña</b>	109	28	49
<b>El Molino</b>	89	23	40
<b>Santa Rosa</b>	75	19	34
<b>San Miguel</b>	10	3	5
<b>Juan Pablo II</b>	21	6	10
<b>Las Vegas</b>	74	19	34
<b>Juan Velasco</b>	34	9	16
<b>Los Chuicas</b>	76	19	34
<b>La Quebrada</b>	197	50	88
<b>Santa Paula</b>	123	31	55
<b>San Miguel de Seren</b>	233	59	103
<b>Ocoto Bajo</b>	121	31	54
<b>Algarrobo</b>	150	38	67
<b>El Papayo del Algarrobo</b>	125	32	56
<b>San Martín CP6</b>	192	49	85
<b>La Libertad CP15</b>	89	23	40
<b>Tejedores</b>	10	3	5
<b>El Partidor</b>	33	9	15
<b>Agua Dulce</b>	8	2	5
<b>San Miguel de Yuscay</b>	79	20	35
<b>Cacaturo</b>	105	27	47
<b>Pampa Elera Baja</b>	155	39	69
<b>Puerta Pulache</b>	165	42	73
<b>La Menta</b>	88	22	40
<b>El Sauce</b>	81	21	37
<b>San Francisco Bajo</b>	111	28	50

Con la cantidad de potenciales usuarios determinada, se establece un promedio de tráfico generado por los servicios de telefonía, tanto móvil como fija (Tráfico Erlang). La fórmula para hallar el tráfico en Erlang es la siguiente:

$$\text{Erlangs} = (\text{Minutos por día}) \times (\text{Factor de hora ocupada}) / 3600$$

Para poder calcular el tráfico en Erlang generado por los usuarios de telefonía móvil se ha supuesto que se realizarán 120 minutos de llamadas por día y que el factor de hora ocupada será del 20%, mientras que para los usuarios de telefonía fija se ha supuesto que se realizarán 180 minutos de llamadas por día y que el factor de hora ocupada será del 30%.

Para el caso de internet se ha supuesto una simultaneidad promedio de 4 a 1 o del 25%. Con esto obtenemos los resultados que se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11:** Tráfico de Telefonía móvil, fija y usuarios simultáneos en Internet.

Localidad	Trafico Tel. Móvil	Trafico Tel. Fija	Tráfico internet
El Tabanco	1.49	0.86	25
Nuevo Piedral	0.48	0.29	8
Nuevo Tallan	0.64	0.36	11
Nuevo Sinchao Chico	0.75	0.44	13
Chatito Sur	0.58	0.33	10
Monte Grande	1.85	1.05	31
Chatito	2.5	1.43	42
Alto de la cruz	1.48	0.84	25
Santa Elena	1.22	0.69	21
Loma Negra	2.88	1.64	48
Chaquira	0.52	0.3	9
Casa Grande	4.8	2.73	80
Rio Viejo Sur	0.86	0.5	15
Rio Viejo Norte	1.7	0.96	29
Pampa Chica	0.82	0.47	14
Vichayal	3.2	1.82	53
Pampa de los Silvas	0.6	0.35	10
El Porvenir	0.74	0.42	13
Casarana	0.38	0.23	7
Ciudad Noé	2.14	1.22	36
Nuevo Chato Grande	1.23	0.71	21
Almirante Grau	2.73	1.55	46
Nueva Zona More	0.84	0.48	14
Chato Chico	0.88	0.5	15
Chato Grande	0.53	0.3	9

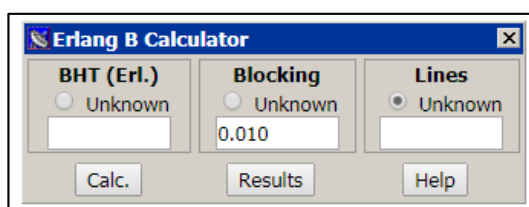
<b>San Pedro</b>	0.46	0.27	8
<b>Nuevos Pozos</b>	3.26	1.85	55
<b>Santa Rosa</b>	1.2	0.69	20
<b>Nuevo Pedregal</b>	1.5	0.86	25
<b>Pedregal Grande</b>	4.68	2.66	78
<b>La Campiña</b>	1.65	0.95	28
<b>Narihuala</b>	1.92	1.1	32
<b>Pedregal Chico</b>	1.15	0.66	19
<b>Mocara</b>	0.74	0.42	13
<b>Monte Castillo</b>	4.49	2.55	75
<b>Buenos Aires de Cumbibira</b>	0.4	0.24	7
<b>Paredones</b>	1.58	0.9	27
<b>La Piedra</b>	1.5	0.86	25
<b>La Legua – San Jacinto</b>	11.26	6.39	187
<b>Viduque</b>	0.83	0.48	14
<b>Simbila</b>	5.84	3.32	97
<b>San Pablo</b>	1.06	0.6	18
<b>Cruz de Caña</b>	0.73	0.42	13
<b>El Molino</b>	0.6	0.35	10
<b>Santa Rosa</b>	0.5	0.29	9
<b>San Miguel</b>	0.07	0.05	2
<b>Juan Pablo II</b>	0.14	0.09	3
<b>Las Vegas</b>	0.5	0.29	9
<b>Juan Velasco</b>	0.23	0.14	4
<b>Los Chuicas</b>	0.51	0.29	9
<b>La Quebrada</b>	1.32	0.75	22
<b>Santa Paula</b>	0.82	0.47	14
<b>San Miguel de Seren</b>	1.56	0.89	26
<b>Ocoto Bajo</b>	0.81	0.47	14
<b>Algarrobo</b>	1	0.57	17
<b>El Papayo del Algarrobo</b>	0.84	0.48	14
<b>San Martín CP6</b>	1.28	0.74	22
<b>La Libertad CP15</b>	0.6	0.35	10
<b>Tejedores</b>	0.07	0.05	2
<b>El Partidor</b>	0.22	0.14	4
<b>Agua Dulce</b>	0.06	0.03	2
<b>San Miguel de Yuscay</b>	0.53	0.3	9
<b>Cacaturu</b>	0.7	0.41	12
<b>Pampa Elera Baja</b>	1.04	0.59	18
<b>Puerta Pulache</b>	1.1	0.63	19
<b>La Menta</b>	0.59	0.33	10
<b>El Sauce</b>	0.54	0.32	10
<b>San Francisco Bajo</b>	0.74	0.42	13

Para los servicios de telefonía móvil y fija se ha establecido un grado de servicio del 99%, esto significa que de cada cien intentos de llamadas por lo menos una será bloqueada.

Los diseñadores de sistemas telefónicos utilizan el modelo de tráfico Erlang B para estimar el número de líneas requeridas para las conexiones PSTN (troncales) o conexiones de cable privadas. Las tres variables involucradas son el Tráfico de hora ocupada (BHT), el Bloqueo y las Líneas:

- El tráfico de la hora ocupada (en Erlangs) es la cantidad de horas de tráfico de llamadas que hay durante la hora de mayor actividad de un sistema telefónico.
- El bloqueo es la falla de las llamadas debido a la cantidad insuficiente de líneas disponibles. Por ejemplo, 0.01 o 1% significa 1 llamada bloqueadas por cada 100 llamadas intentadas.
- Líneas es el número de líneas en un grupo de líneas troncales.

Para poder determinar la cantidad de líneas necesarias, se utilizó el software Erlang B Calculator. Los resultados se muestran en la Tabla 12.



**Figura 18:** Erlang B Calculator.

**Tabla 12:** Líneas necesarias para telefonía móvil y fija.

Localidad	Líneas Tel. Móvil	Líneas Tel. Fija
El Tabanco	6	4
Nuevo Piedral	4	4
Nuevo Tallan	4	4
Nuevo Sinchao Chico	4	4
Chatito Sur	4	3
Monte Grande	6	5
Chatito	7	6
Alto de la cruz	6	5
Santa Elena	5	4
Loma Negra	8	6
Chaquira	4	3

Casa Grande	11	10
Rio Viejo Sur	4	4
Rio Viejo Norte	6	5
Pampa Chica	4	4
Vichayal	9	6
Pampa de los Silvas	4	3
El Porvenir	4	4
Casarana	3	3
Ciudad Noé	6	5
Nuevo Chato Grande	5	4
Almirante Grau	7	5
Nueva Zona More	4	4
Chato Chico	4	4
Chato Grande	4	3
San Pedro	4	3
Nuevos Pozos	9	6
Santa Rosa	5	4
Nuevo Pedregal	5	5
Pedregal Grande	10	7
La Campiña	6	5
Narihuala	6	5
Pedregal Chico	5	4
Mocara	4	4
Monte Castillo	10	7
Buenos Aires de Cumbibira	4	3
Paredones	6	5
La Piedra	5	5
La Legua – San Jacinto	20	13
Viduque	4	4
Simbila	12	9
San Pablo	5	4
Cruz de Caña	4	4
El Molino	4	3
Santa Rosa	4	3
San Miguel	3	2
Juan Pablo II	3	3
Las Vegas	4	3
Juan Velasco	3	3
Los Chuicas	4	3
La Quebrada	5	4
Santa Paula	4	4

San Miguel de Seren	6	5
Ocoto Bajo	4	4
Algarrobo	5	4
El Papayo del Algarrobo	4	4
San Martín CP6	5	4
La Libertad CP15	4	3
Tejedores	3	2
El Partidor	3	3
Agua Dulce	2	2
San Miguel de Yuscay	4	3
Cacaturo	4	4
Pampa Elera Baja	5	4
Puerta Pulache	5	4
La Menta	4	3
El Sauce	4	3
San Francisco Bajo	4	4

La velocidad mínima ofrecida a cada usuario para acceder a internet será de 2 Mbps de Download y 0.5 Mbps de Upload con un servicio garantizado del 40%, mientras que la velocidad para las instituciones del estado (municipalidades, comisarias, centros de salud), se asignarán de acuerdo a los criterios establecidos por FITEI (ver Tabla 9) . Para los servicios de telefonía móvil y fija se ha seleccionado un canal de 32 Kbps (basado en el Codificador G. 729). Con estas consideraciones se ha establecido en ancho de banda por localidad que se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13:** Demanda en Mbps por cada localidad de la Provincia de Piura.

Localidad	Download	Upload
El Tabanco	202.752	50.688
Nuevo Piedral	65.536	16.384
Nuevo Tallan	88.064	22.016
Nuevo Sinchao Chico	102.4	25.6
Chatito Sur	77.824	19.456
Monte Grande	251.904	62.976
Chatito	339.968	84.992
Alto de la cruz	202.752	50.688
Santa Elena	167.936	41.984
Loma Negra	391.168	97.792
Chaquira	71.68	17.92
Casa Grande	651.264	162.816
Rio Viejo Sur	118.784	29.696
Rio Viejo Norte	231.424	57.856

<b>Pampa Chica</b>	112.64	28.16
<b>Vichayal</b>	434.176	108.544
<b>Pampa de los Silvas</b>	81.92	20.48
<b>El Porvenir</b>	102.4	25.6
<b>Casarana</b>	53.248	13.312
<b>Ciudad Noé</b>	292.864	73.216
<b>Nuevo Chato Grande</b>	167.936	41.984
<b>Almirante Grau</b>	370.688	92.672
<b>Nueva Zona More</b>	114.688	28.672
<b>Chato Chico</b>	118.784	29.696
<b>Chato Grande</b>	71.68	17.92
<b>San Pedro</b>	65.536	16.384
<b>Nuevos Pozos</b>	444.416	111.104
<b>Santa Rosa</b>	163.84	40.96
<b>Nuevo Pedregal</b>	204.8	51.2
<b>Pedregal Grande</b>	634.88	158.72
<b>La Campiña</b>	225.28	56.32
<b>Narihuala</b>	262.144	65.536
<b>Pedregal Chico</b>	155.648	38.912
<b>Mocara</b>	102.4	25.6
<b>Monte Castillo</b>	608.256	152.064
<b>Buenos Aires de Cumbibira</b>	55.296	13.824
<b>Paredones</b>	215.04	53.76
<b>La Piedra</b>	204.8	51.2
<b>La Legua – San Jacinto</b>	1527.808	381.952
<b>Viduque</b>	114.688	28.672
<b>Simbila</b>	792.576	198.144
<b>San Pablo</b>	143.36	35.84
<b>Cruz de Caña</b>	100.352	25.088
<b>El Molino</b>	81.92	20.48
<b>Santa Rosa</b>	69.632	17.408
<b>San Miguel</b>	10.24	2.56
<b>Juan Pablo II</b>	20.48	5.12
<b>Las Vegas</b>	69.632	17.408
<b>Juan Velasco</b>	32.768	8.192
<b>Los Chuicas</b>	69.632	17.408
<b>La Quebrada</b>	180.224	45.056
<b>Santa Paula</b>	112.64	28.16
<b>San Miguel de Seren</b>	210.944	52.736
<b>Ocoto Bajo</b>	110.592	27.648
<b>Algarrobo</b>	137.216	34.304
<b>El Papayo del Algarrobo</b>	114.688	28.672
<b>San Martín CP6</b>	174.08	43.52
<b>La Libertad CP15</b>	81.92	20.48
<b>Tejedores</b>	10.24	2.56

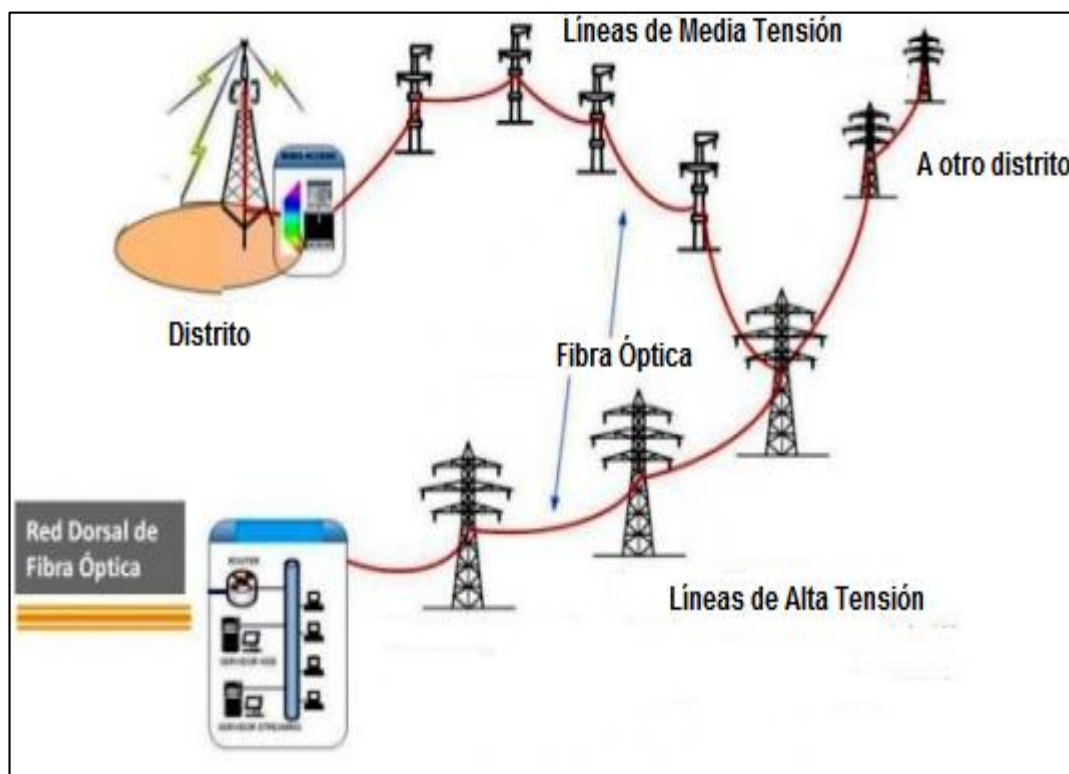


El Partidor	30.72	7.68
Agua Dulce	10.24	2.56
San Miguel de Yuscay	71.68	17.92
Cacaturu	96.256	24.064
Pampa Elera Baja	141.312	35.328
Puerta Pulache	149.504	37.376
La Menta	81.92	20.48
El Sauce	75.776	18.944
San Francisco Bajo	102.4	25.6

### 3.2. Diseño de la red de transporte óptico

Para el diseño de la Red de Banda Ancha se debe tener en cuenta que el Nodo de Agregación Provincial es la ciudad de Piura (capital) y que los Nodos de Distribución son los Distritos de Castilla, Catacaos, Cura Mori, El Tallan, La Arena, San Martín CP6 (Tambogrande), Las Lomas, Piura, Pampa Elera Alta (Las Lomas) y Tambogrande.

Sabiendo que el Nodo de Agregación Provincial es la ciudad de Piura, la red de fibra óptica partirá desde ahí hacia los Nodos de Distribución. Para esto se usará la infraestructura eléctrica de alta y media tensión, así como la red vial.



**Figura 19:** Tendido de Fibra Óptica.

Para diseñar la red correctamente se debe tener en cuenta la demanda estimada que se obtuvo en el análisis de dimensionamiento.

**Tabla 14:** Demanda en Mbps por cada nodo.

Distrito	Download	Upload
<b>CASTILLA</b>	100,352 Mbps	25, 08 Mbps
<b>CATACAOS</b>	5.246,976 Mbps	1.311,744 Mbps
<b>CURA MORI</b>	7.309,312 Mbps	1.827,328 Mbps
<b>EL TALLAN</b>	536, 576 Mbps	134, 144 Mbps
<b>LA ARENA</b>	3.211,264 Mbps	802,816 Mbps
<b>SAN MARTIN CP6 - TAMBOGRANDE</b>	174, 08 Mbps	43,52 Mbps
<b>LAS LOMAS</b>	759,808 Mbps	189,952 Mbps
<b>PIURA</b>	284,672 Mbps	71,168 Mbps
<b>PAMPA ELERA ALTA – LAS LOMAS</b>	141,312 Mbps	35, 328Mbps
<b>TAMBOGRANDE</b>	1.202,176 Mbps	300,544 Mbps

Después de analizar la demanda, se obtuvo un total de 18.966,528 Mbps en Download y 4.741,624 Mbps en Upload. Estas cantidades serán gestionadas por una plataforma de aprovisionamiento de multi servicios de nueva generación con interfaces SONET/SDH.

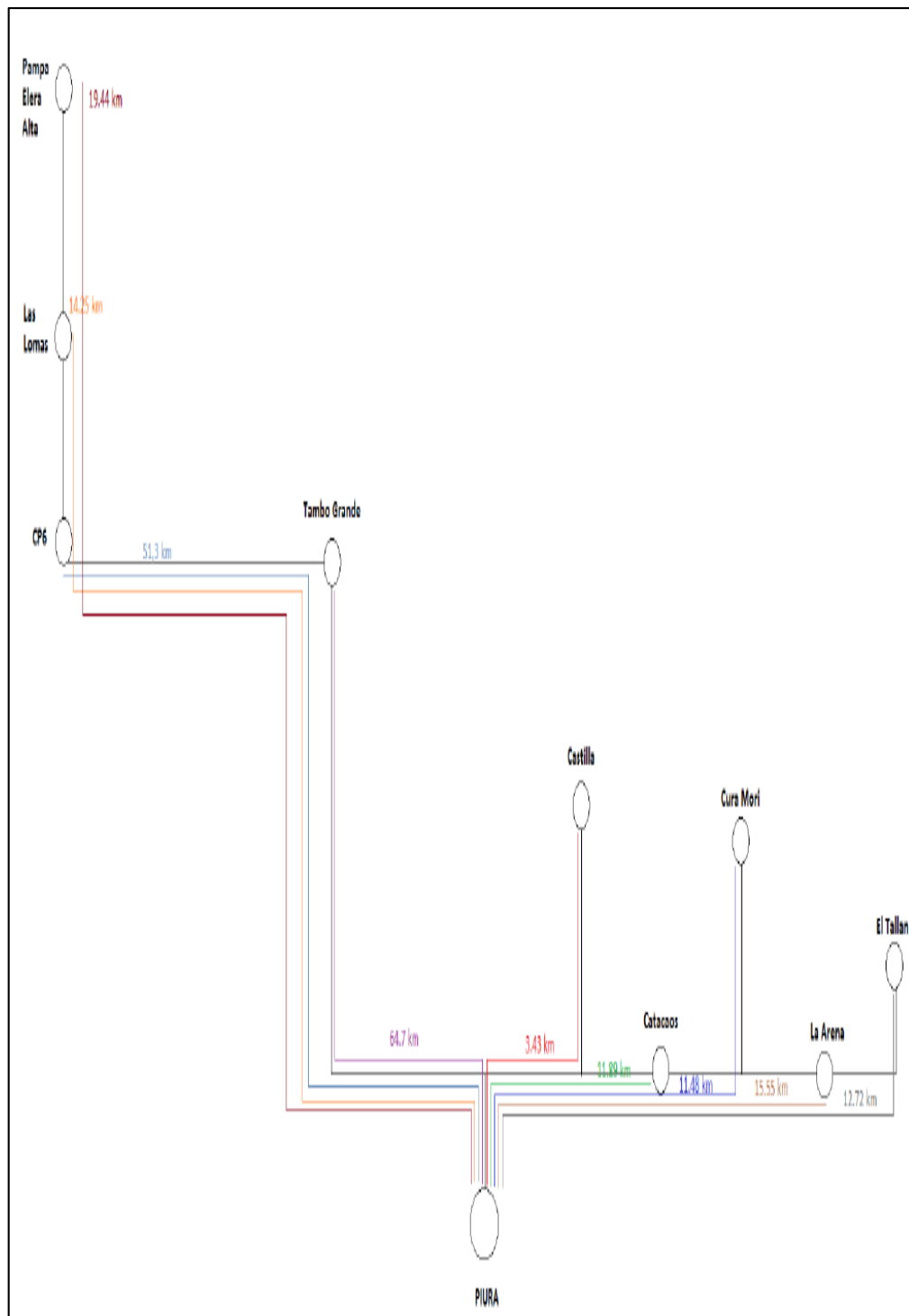
Ahora es necesario realizar un análisis de localización de la red de transporte provincial para determinar la distancia de tendido aéreo de fibra óptica sobre la infraestructura eléctrica y el tendido subterráneo en la red vial considerada.

En la Figura 20 se muestra la ubicación del Nodo de Agregación Provincial, así como el tendido de fibra óptica.



**Figura 20:** Ubicación del Nodo de Agregación Provincial.

En el diagrama unifilar se consideran las distancias medidas desde el Nodo de Agregación hacia los Nodos de Distribución.



**Figura 21:** Diagrama unifilar.

El diagrama unifilar nos permite dimensionar las diferentes interfaces ópticas necesarias para satisfacer la demanda establecida, tal como se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15:** Interfaces ópticas por nodo de distribución.

	SONET	SDH
--	-------	-----

Nodo	DOWN	UP	DOWN	UP
PIURA	OC-3	OC-1	STM-1	STM-1
CASTILLA	OC-1	OC-1	STM-1	STM-1
CATACAOS	OC-24	OC-9	STM-8	STM-3
CURA MORI	OC-9	OC-3	STM-3	STM-1
EL TALLAN	OC-3	OC-1	STM-6	STM-3
LA ARENA	OC-18	OC-9	STM-1	STM-1
SAN MARTIN CP6 - TAMBOGRANDE	OC-9	OC-3	STM-3	STM-1
LAS LOMAS	OC-9	OC-9	STM-3	STM-3
PAMPA ELERA ALTA – LAS LOMAS	OC-1	OC-1	STM-1	STM-1
TAMBOGRANDE	OC-9	OC-3	STM-3	STM-1
INTERFAZ – NODO DE PIURA	OC-24	OC 96	STM-8	STM-32

Para el diseño de esta red se ha optado por usar fibra óptica monomodo ITU.T - G.652 D, con una atenuación máxima de 0,35 dB/Km a 1310 nm y de 0,25 dB/Km a 1550 nm, una resistencia mecánica de 3000N, cable con 24 o 48 hilos de fibra.

La planta de fibra óptica debe tener dos componentes: La planta interna y la planta exterior.

En la planta interna se tiene dos fusiones que forman la conexión con el ingreso y egreso. Generalmente consta de un gabinete de piso donde en la parte inferior se instalan las bandejas de empalme, en la parte superior las bandejas de acopladores y en la parte media el equipo de conmutación óptico.



**Figura 22:** Esquema de planta interna para el Nodo de Agregación.

Esta instalación se repite en los Nodos de Distribución, pero en este caso posiblemente se requiera solo una bandeja de empalme y una bandeja de acopladores pues como máximo se tendrá solo cuatro fibras por nodo de distribución (dos activas y dos de reserva).

En este caso, el equipo de conmutación óptico elegido para el diseño de la red es el Cisco ONS 15454 M2.



**Figura 23:** Plataforma de transporte multiservicios Cisco ONS 15454 M2.

Con estas consideraciones se puede desarrollar el presupuesto de enlace como se muestra en la Tabla 16. El margen de seguridad compensa los empalmes adicionales que puedan ocurrir como resultado de cambios de ruta o mantenimiento. La selección de equipamiento deberá asegurar que las pérdidas totales estén dentro de las pérdidas máximas disponibles sobre la ruta.

**Tabla 16:** Presupuesto de Enlace en Nodos de Distribución.

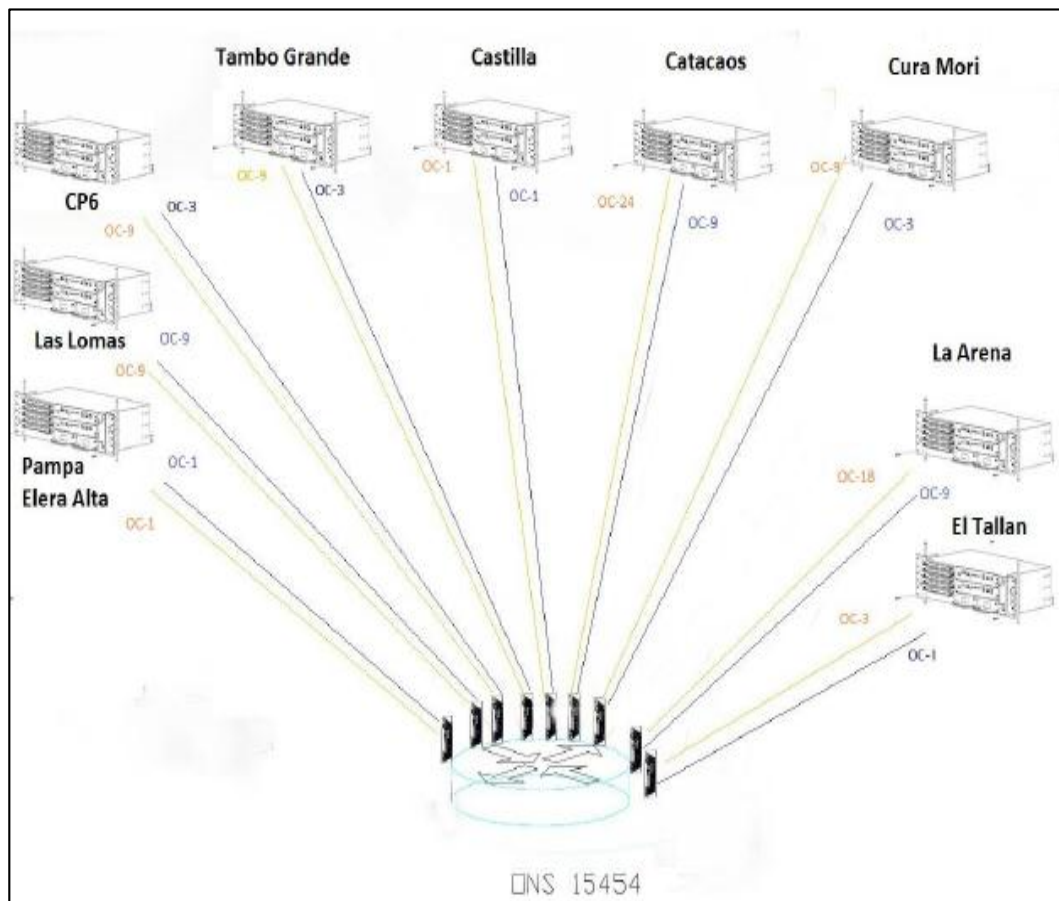
NODO	Distancia lineal (Km)	5% catenaria (Km)	10% reserva (Km)	Dist. Total (Km)	Empalmes	Conectores	Pérdidas (Decibelios)	Margen	Pérdida total (Decibelios)
Piura - Castilla	3.43	0.1715	0.343	4	3	2	1.7	2	3.7
Piura - Catacaos	11.88	0.594	1.188	14	8	2	4.32	2	6.32
Catacaos - Cura Mori	11.48	0.574	1.148	14	8	2	4.2	2	6.2
Catacaos – La Arena	15.55	0.7775	1.555	18	10	2	5.5	2	7.5
La Arena – El Tallan	12.72	0.636	1.272	15	9	2	4.61	2	6.61
Piura – Tambogrande	64.7	3.235	6.47	75	39	2	21.1	2	23.1
Tambogrande – San Martín CP6	51.3	2.565	5.13	59	31	2	16.8	2	18.8
San Martín CP6 – Las Lomas	14.25	0.7125	1.425	17	10	2	4.7	2	6.7
Las Lomas – Pampa Elera Alta	19.44	0.972	1.944	23	13	2	6.74	2	8.74

El diseño de la red de transporte óptico queda listo con un equipo Cisco ONS 15454 en el Nodo de Agregación de Piura y con un Router Cisco ASR 903 en cada Nodo de Distribución, ambos con las tarjetas de interfaz ópticas correspondiente para las velocidades y atenuaciones especificadas en las Tablas 14 y 16, respectivamente.



**Figura 24:** Router Cisco ASR 903.

En la Figura 24 se puede observar un esquema de la red de transporte óptico final.



**Figura 25:** Diseño final de la Red de Transporte óptico.



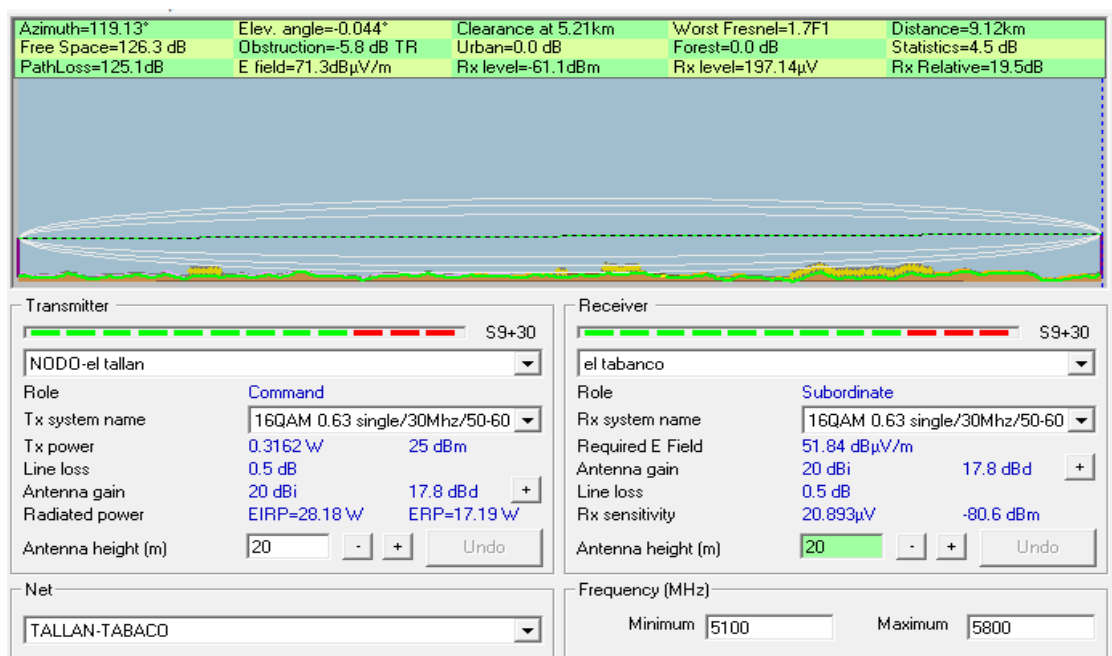
### 3.3. Diseño de la red inalámbrica

Una vez realizado el diseño de la red de transporte óptico, se procede con el diseño de la red inalámbrica en cada uno de los distritos a partir de cada Nodo de Distribución.

Teniendo en cuenta el ancho de banda de cada localidad, se puede realizar el diseño de la red inalámbrica haciendo uso de la tecnología WiMAX en la banda comprendida en el rango de 5,1 GHz a 5,8 GHz.

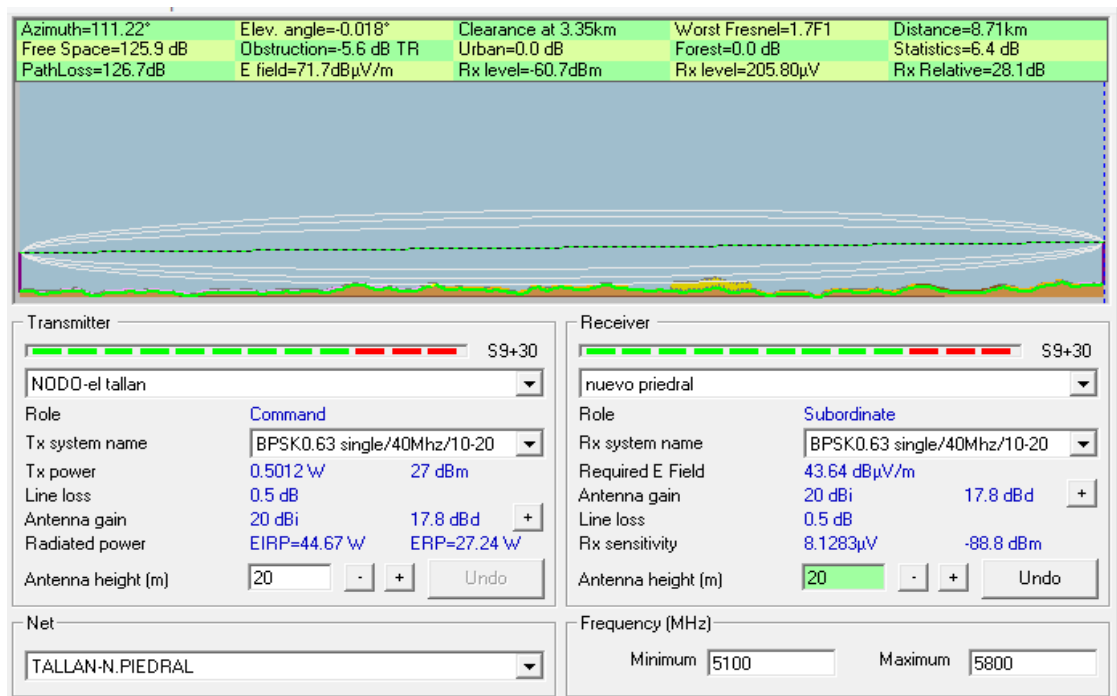
A continuación, se muestra el diseño de los radioenlaces de todas las localidades de la Provincia de Piura. Para esto, se usará el software Radio Mobile.

Con el software Radio Mobile se pudo verificar si existía línea de vista entre los Nodos de El Tallan y La Arena con sus respectivas localidades. Además, se pudo obtener la potencia de las antenas así como su ganancia.

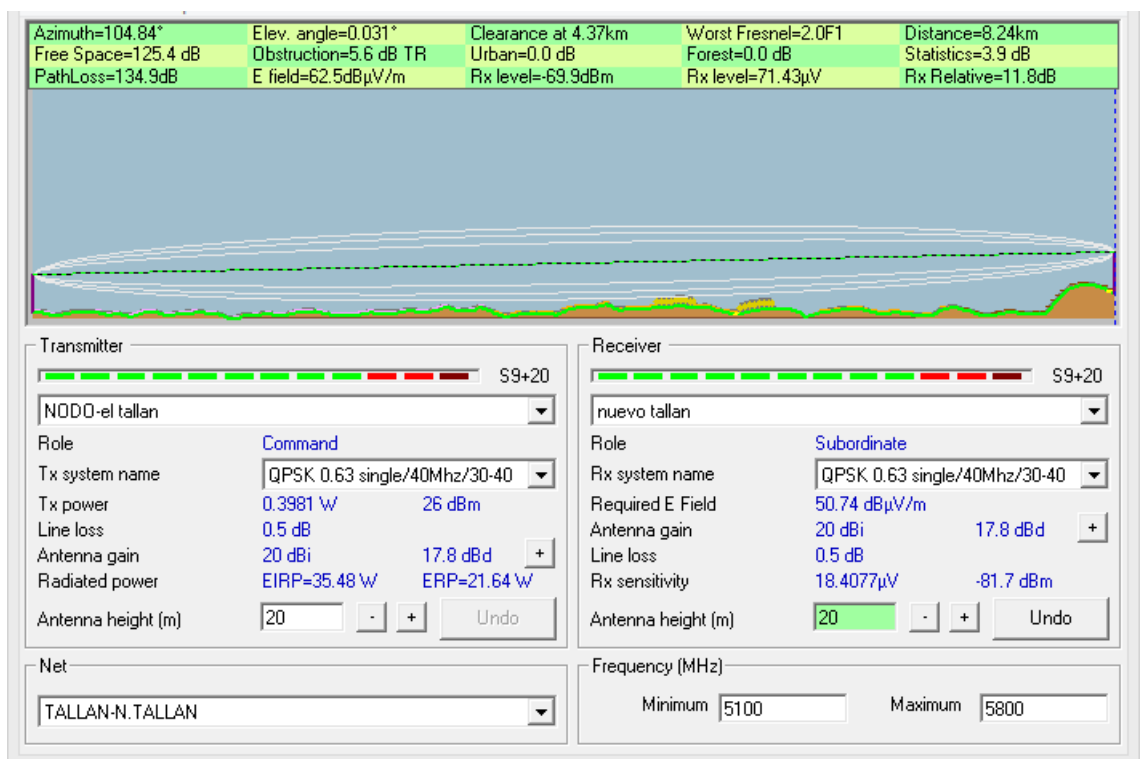


**Figura 26:** Radioenlace entre El Tallan y El Tabanco.

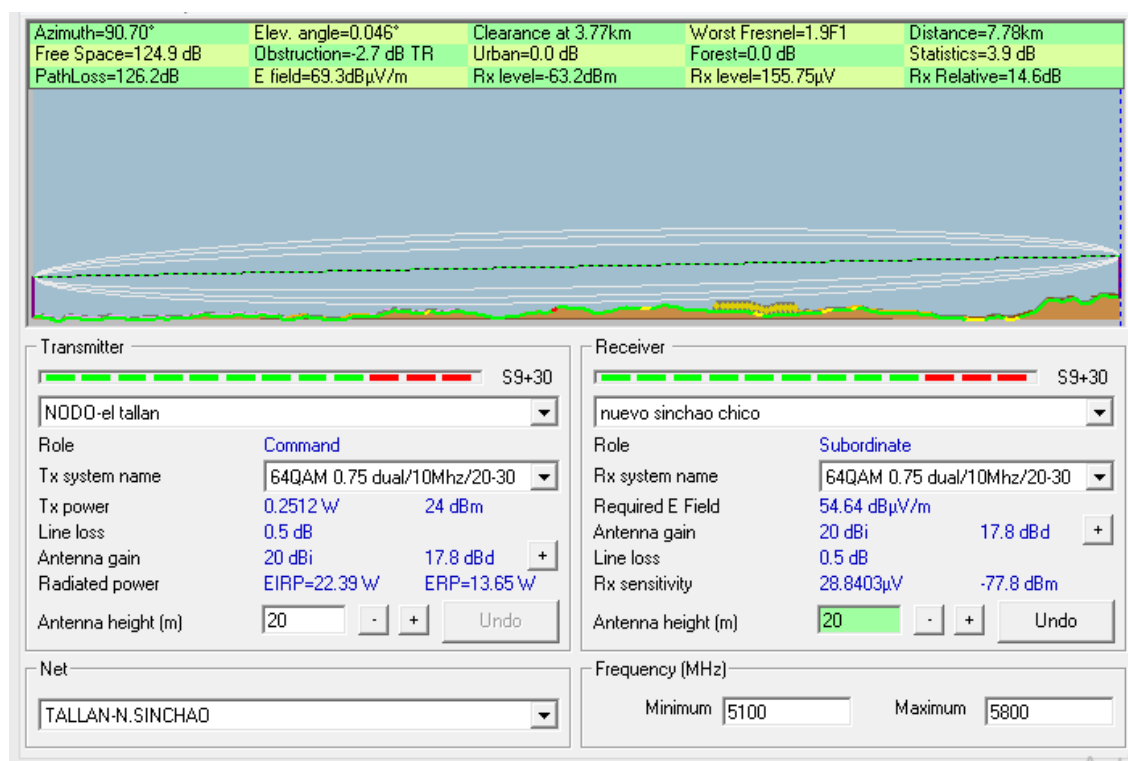




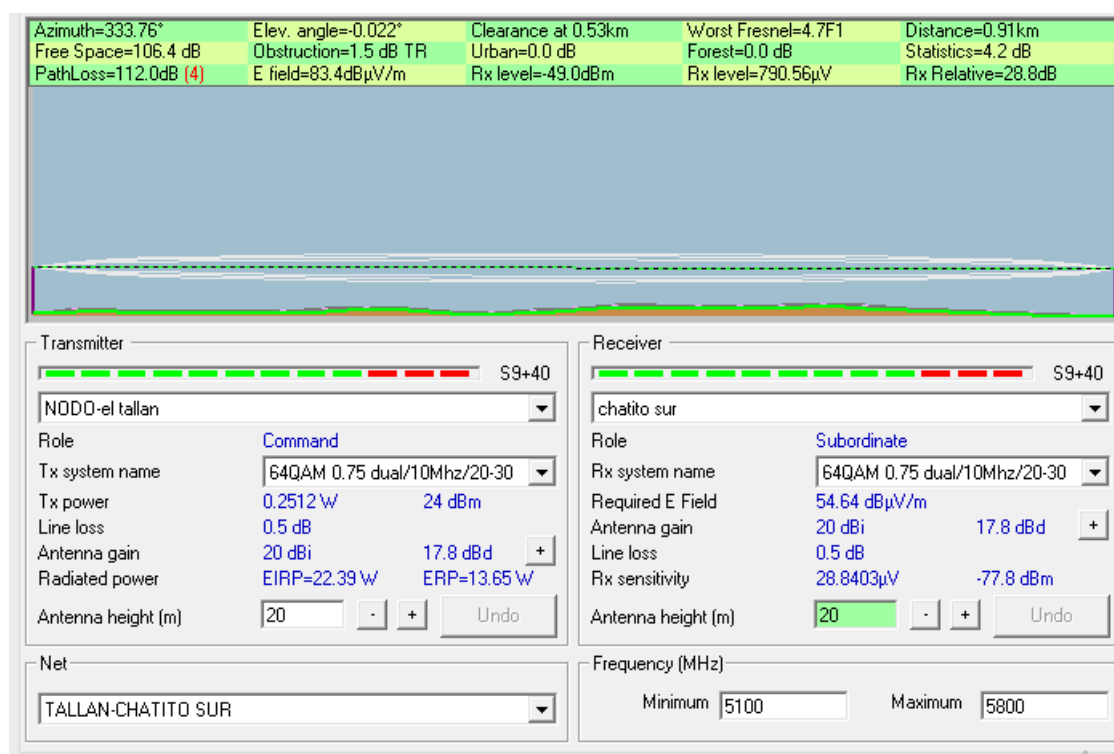
**Figura 27:** Radioenlace El Tallan y El Piedral.



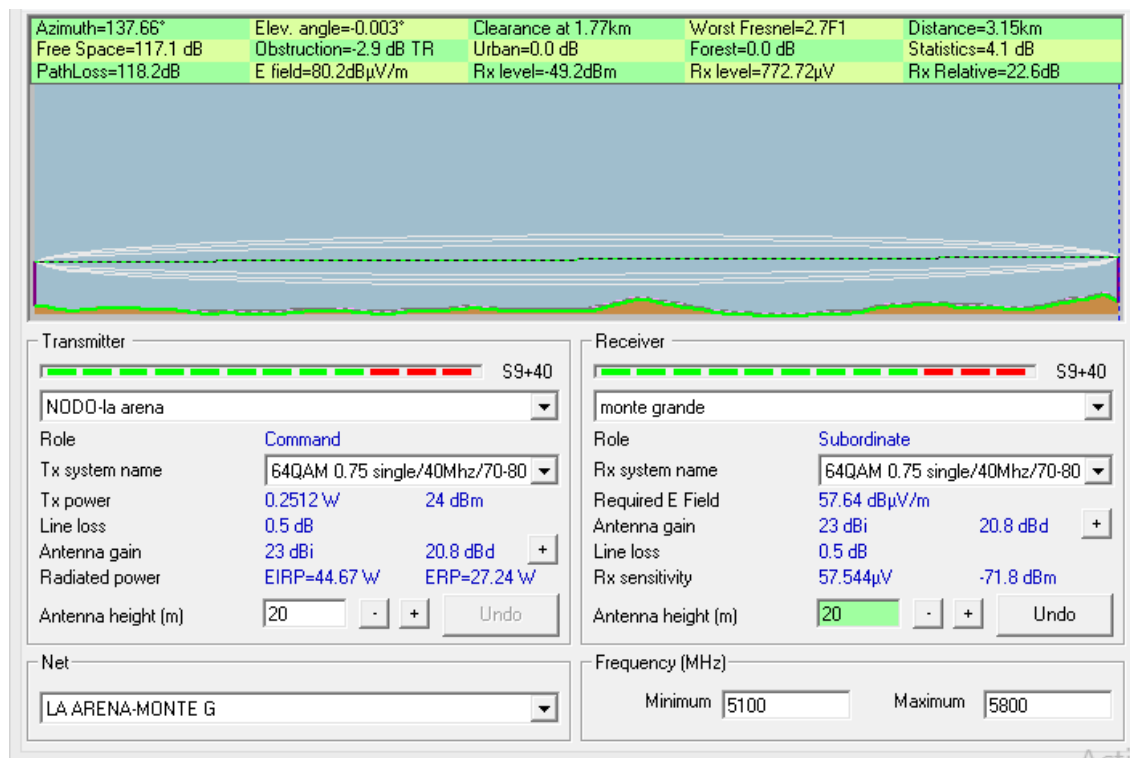
**Figura 28:** Radioenlace El Tallan y Nuevo Tallan.



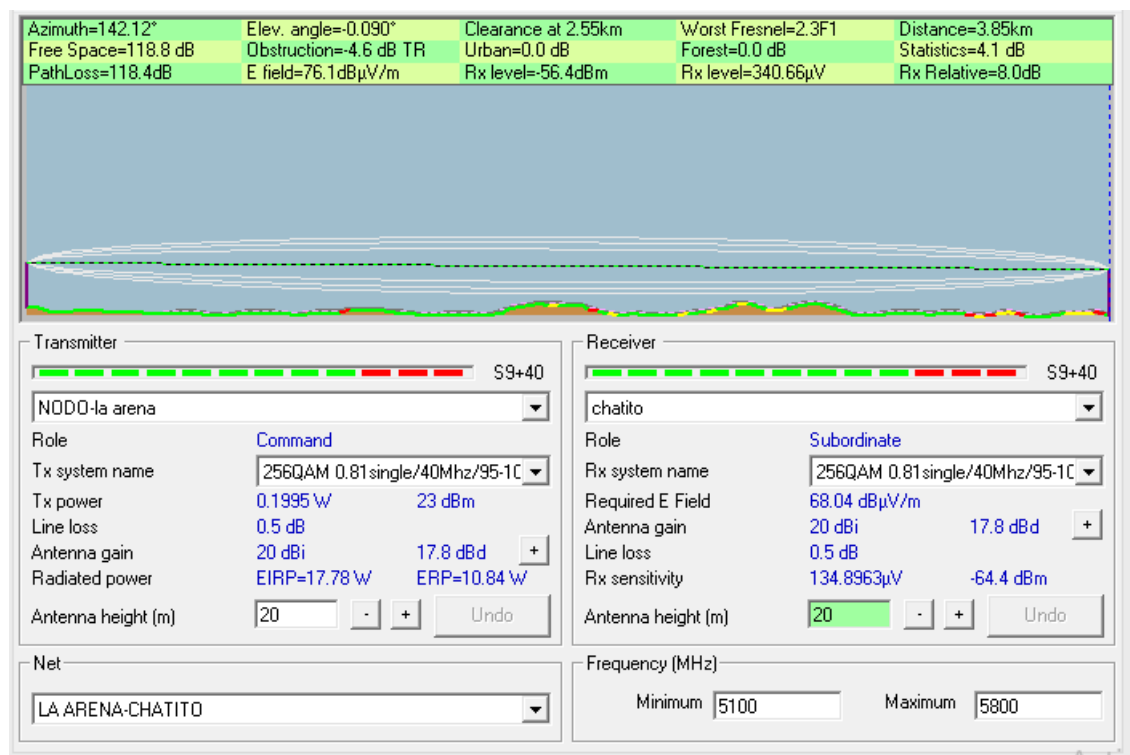
**Figura 29:** Radioenlace El Tallan y Nuevo Sinchao Chico.



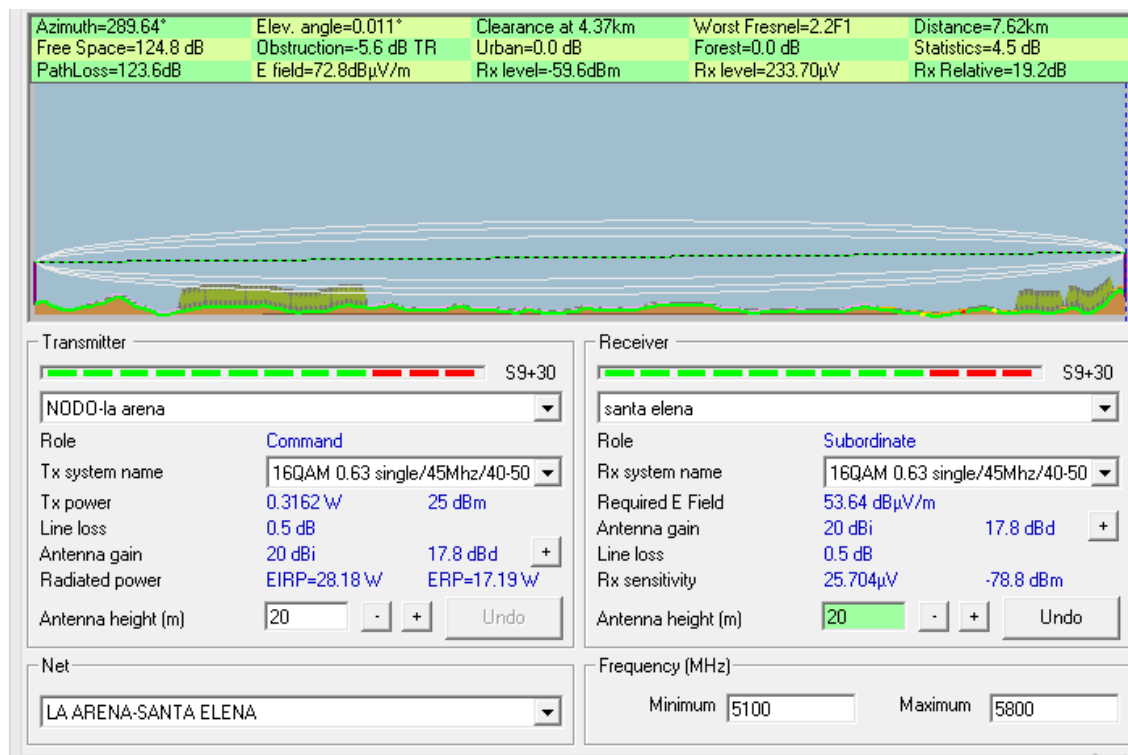
**Figura 30:** Radioenlace El Tallan y Chatito Sur.



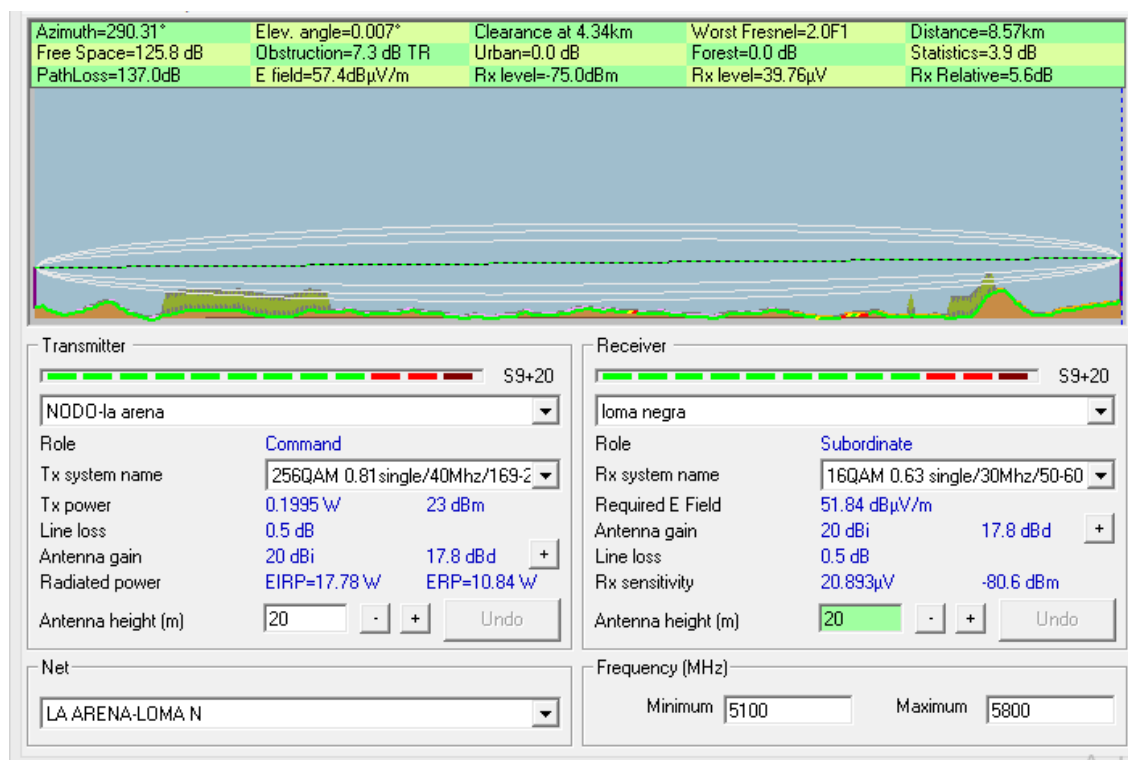
**Figura 31:** Radioenlace La Arena y Monte Grande.



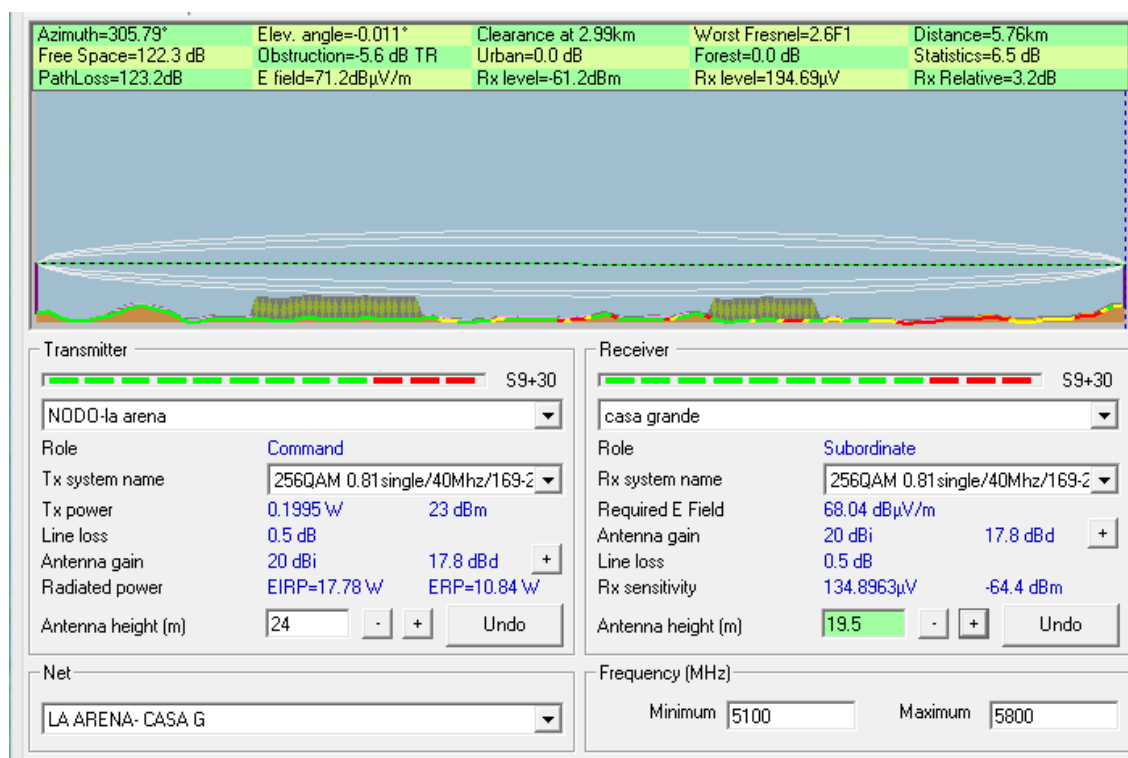
**Figura 32:** Radioenlace La Arena y Chatito.



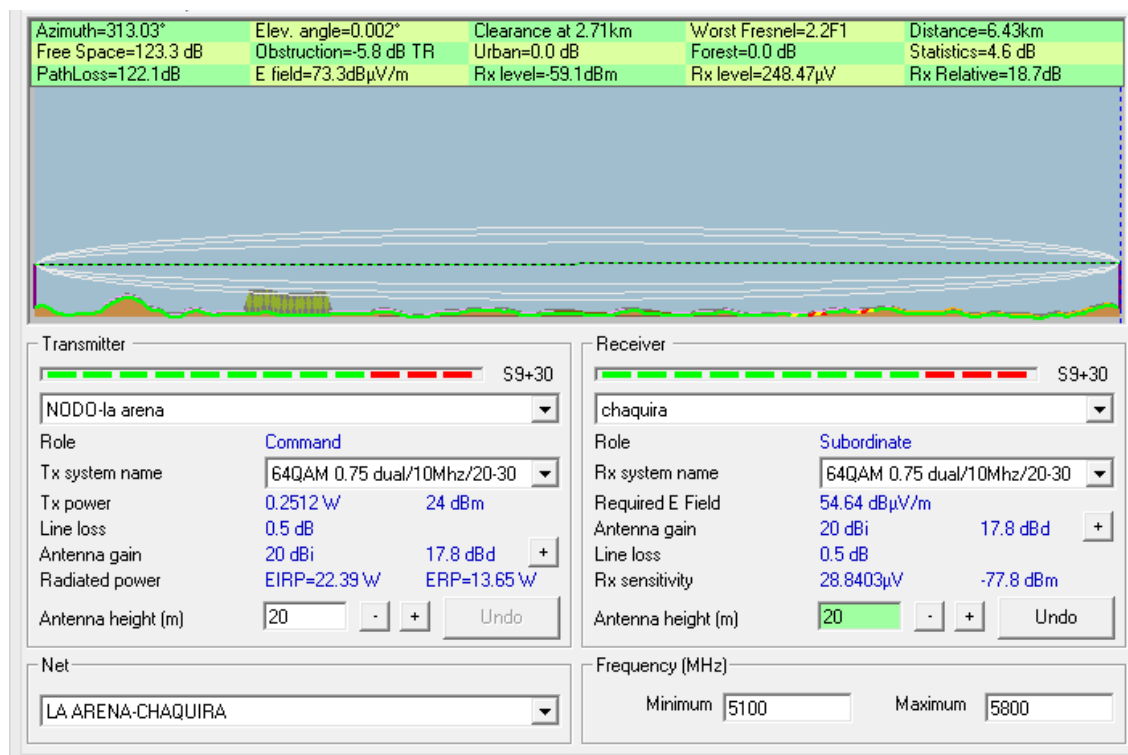
**Figura 33:** Radioenlace La Arena y Santa Elena.



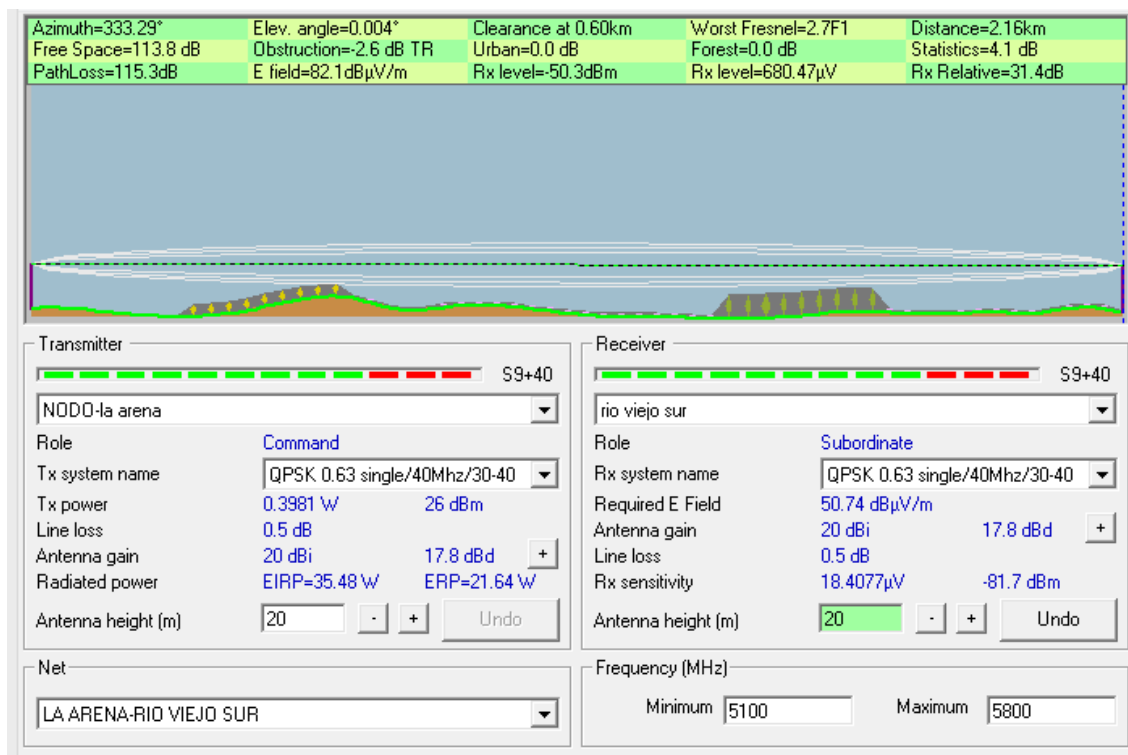
**Figura 34:** Radioenlace La Arena y Loma Negra.



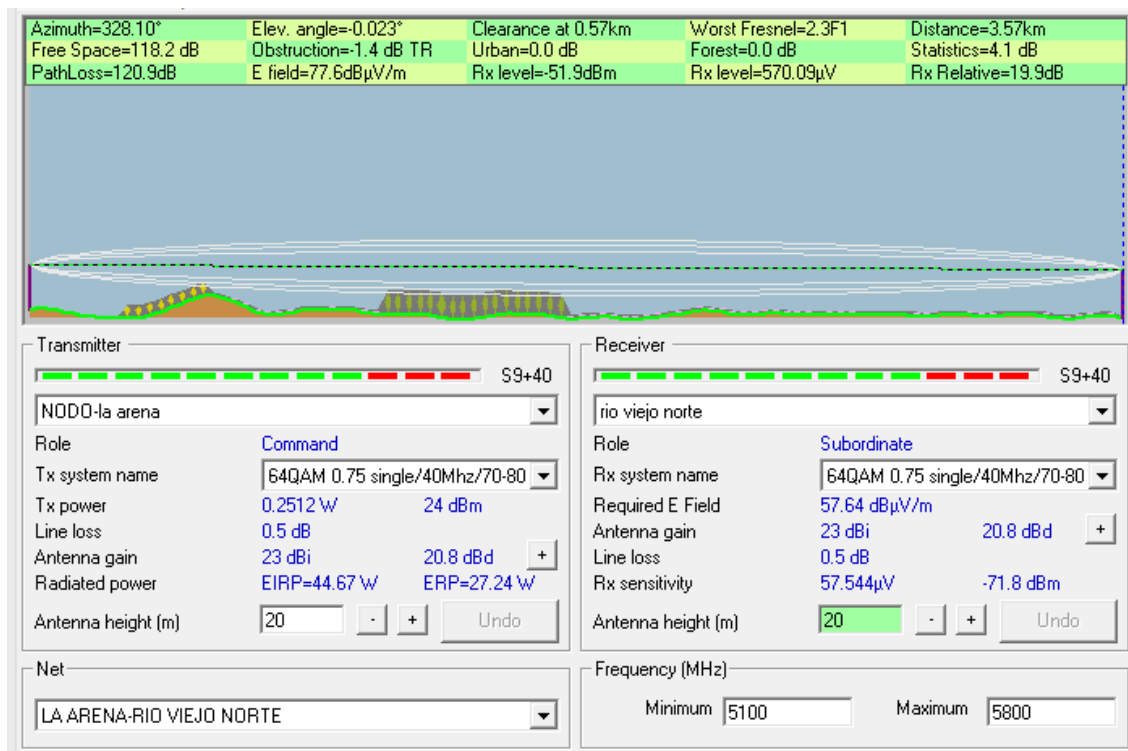
**Figura 35:** Radioenlace La Arena y Casa Grande.



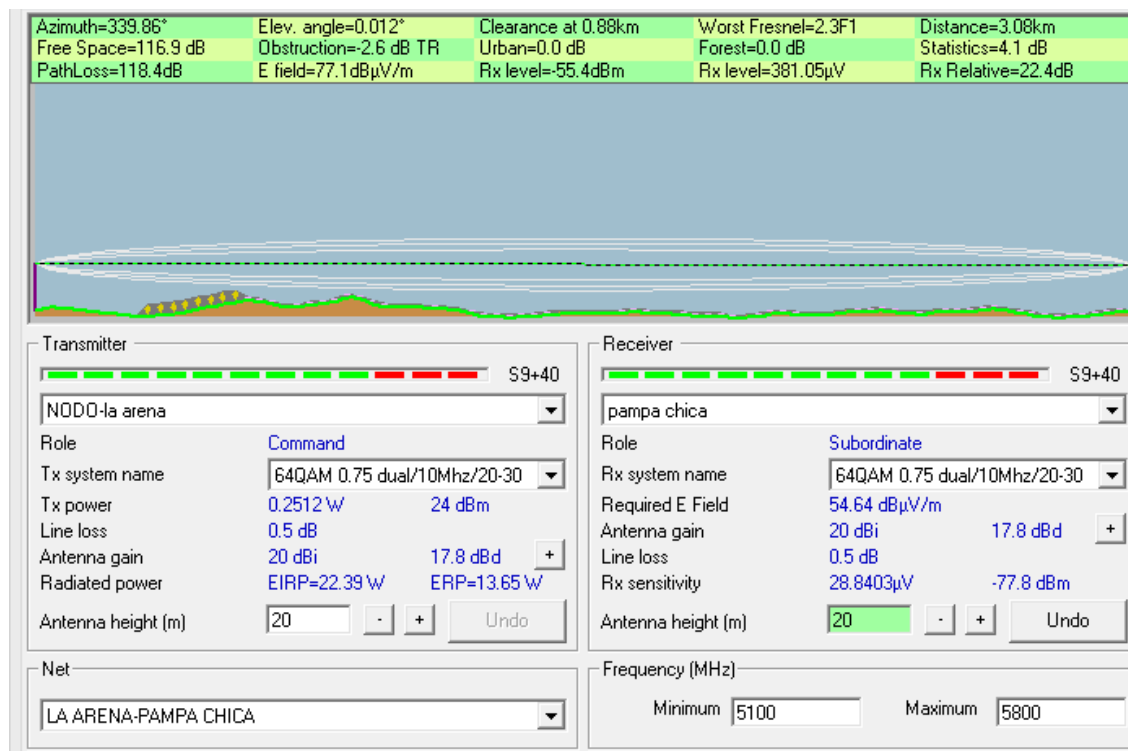
**Figura 36:** Radioenlace La Arena y Chaquira.



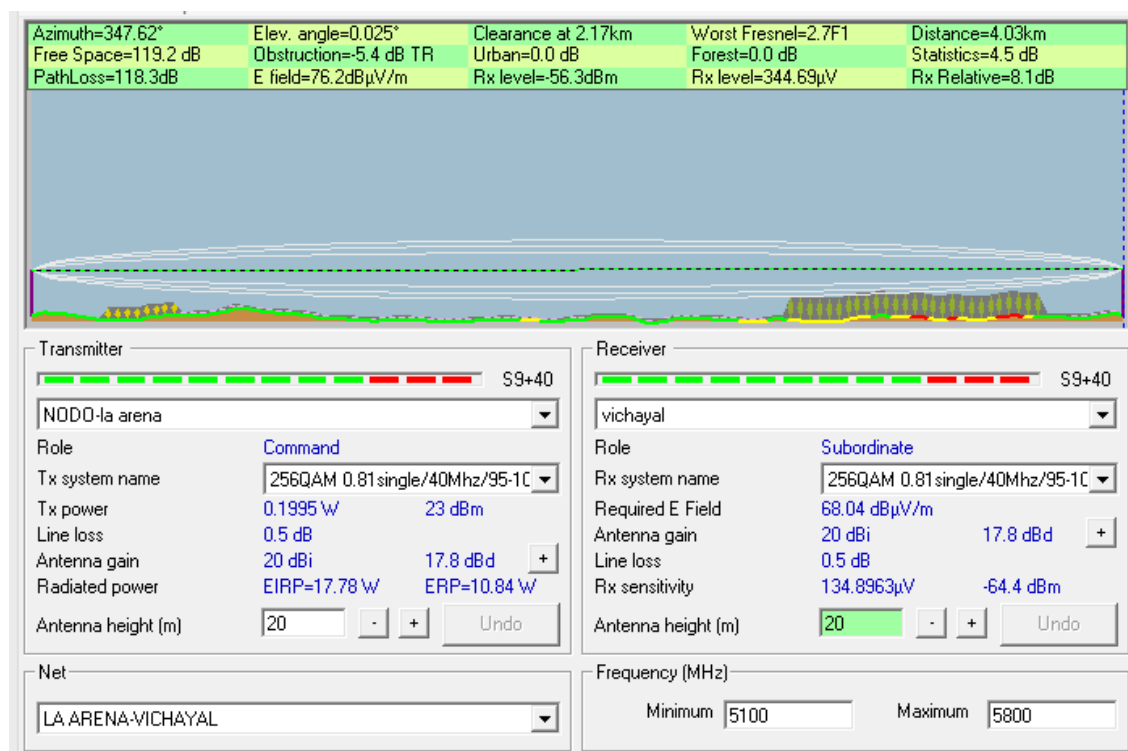
**Figura 37:** Radioenlace La Arena y Rio Viejo Sur.



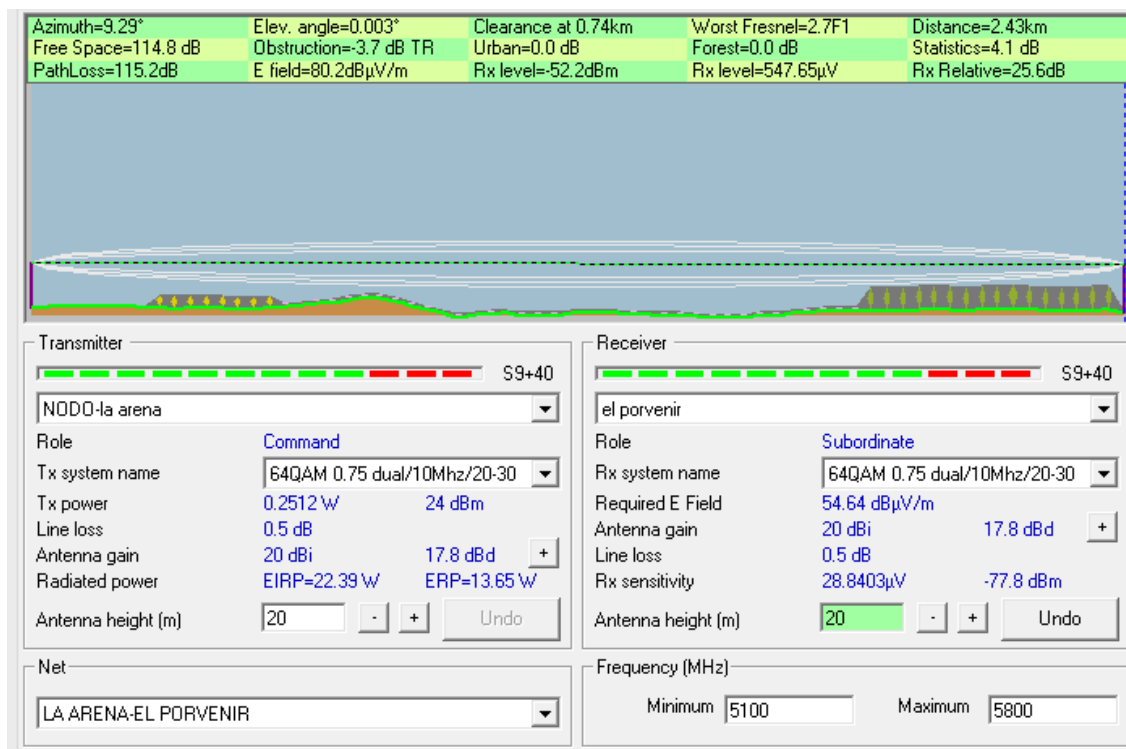
**Figura 38:** Radioenlace La Arena y Rio Viejo Norte.



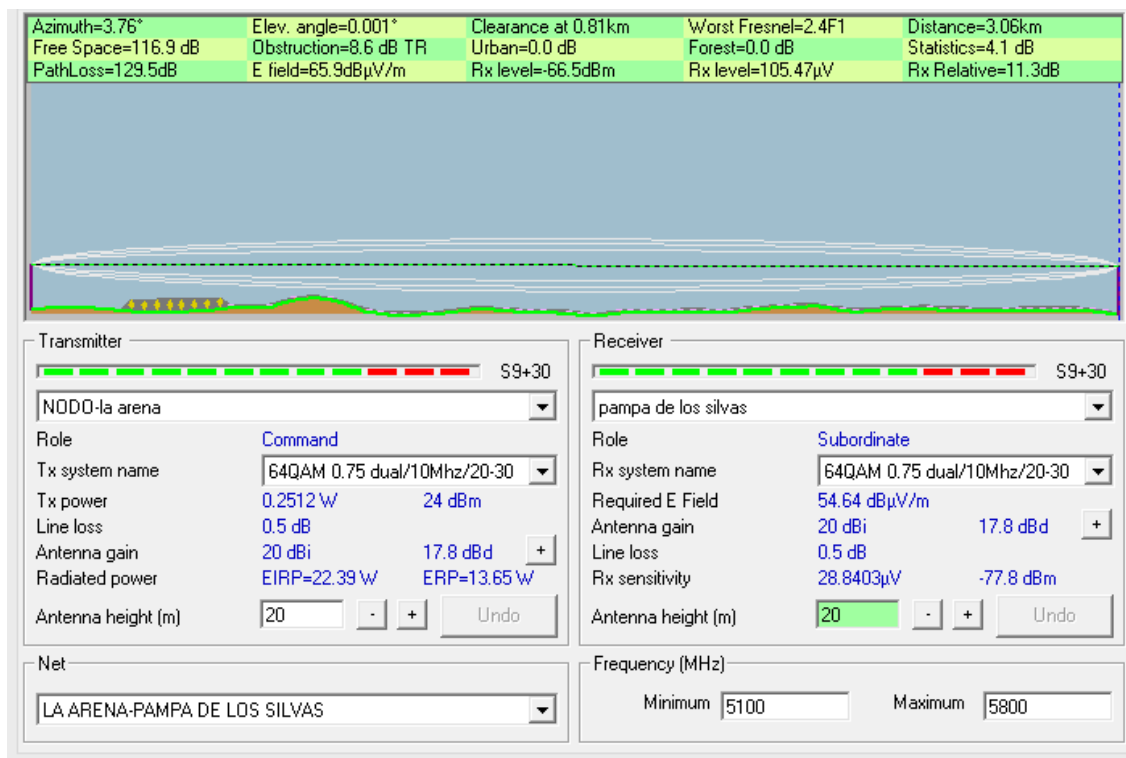
**Figura 39:** Radioenlace La Arena y Pampa Chica.



**Figura 40:** Radioenlace La Arena y Vichayal.

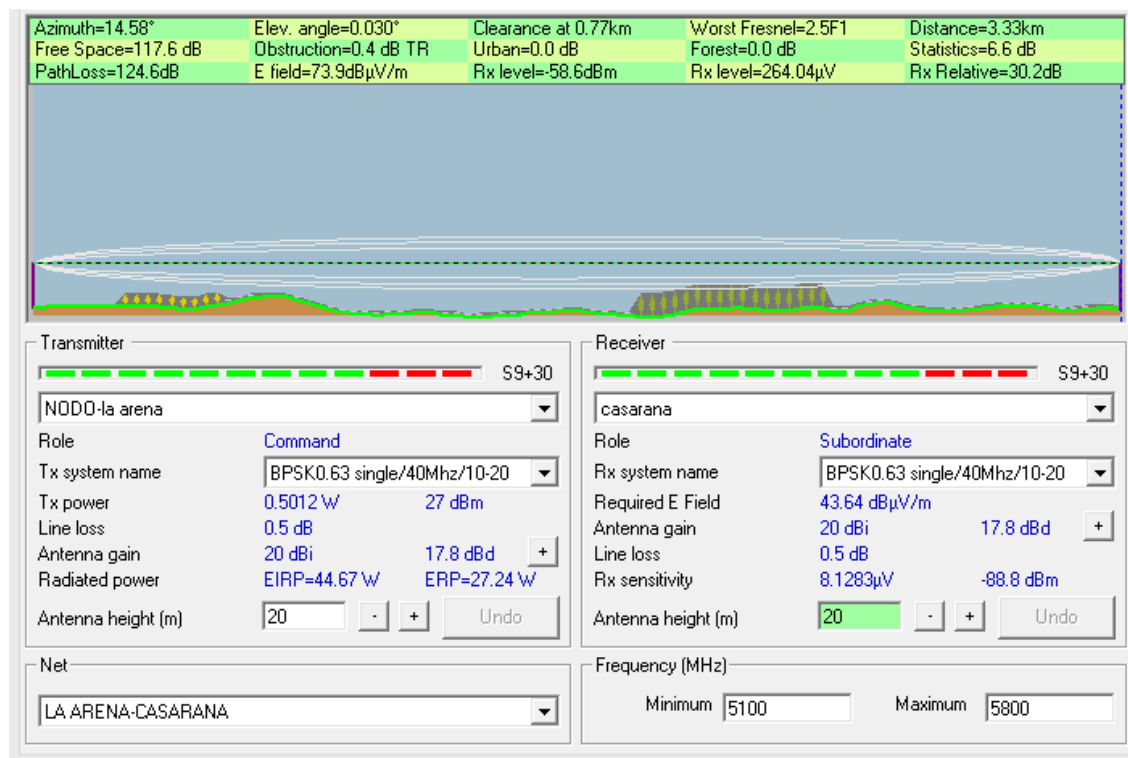


**Figura 41:** Radioenlace La Arena y El Porvenir.

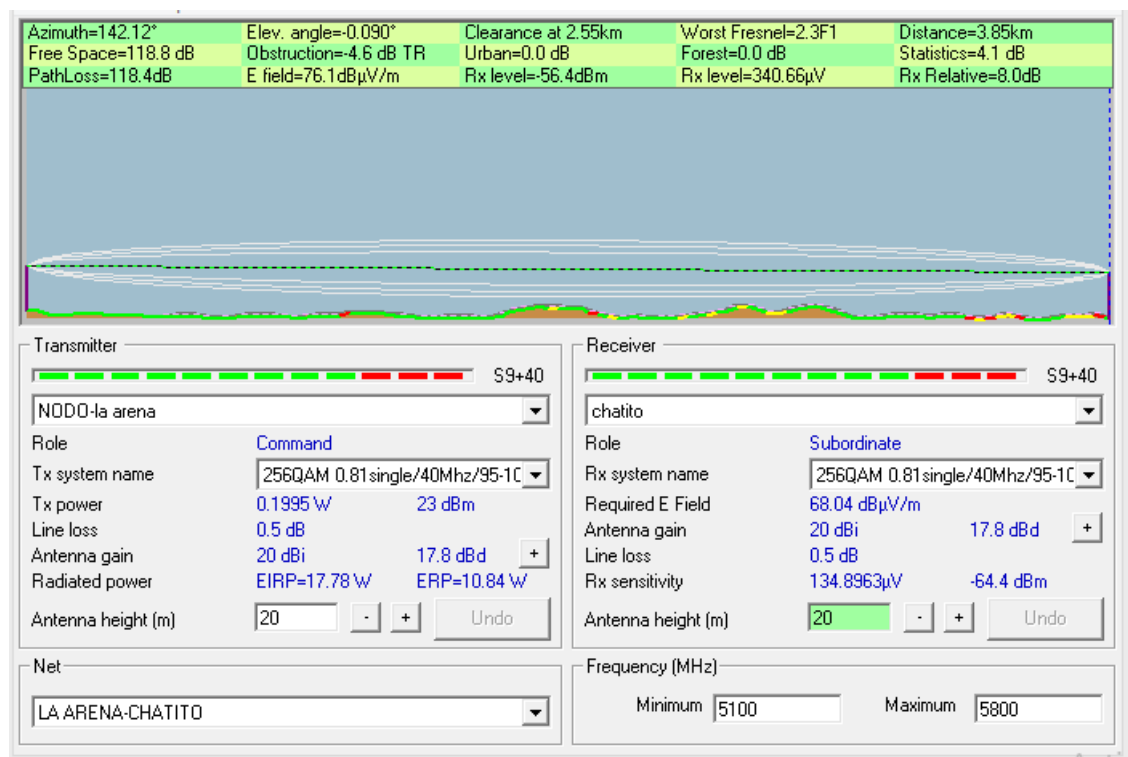


**Figura 42:** Radioenlace La Arena y Pampa de los Silvas.



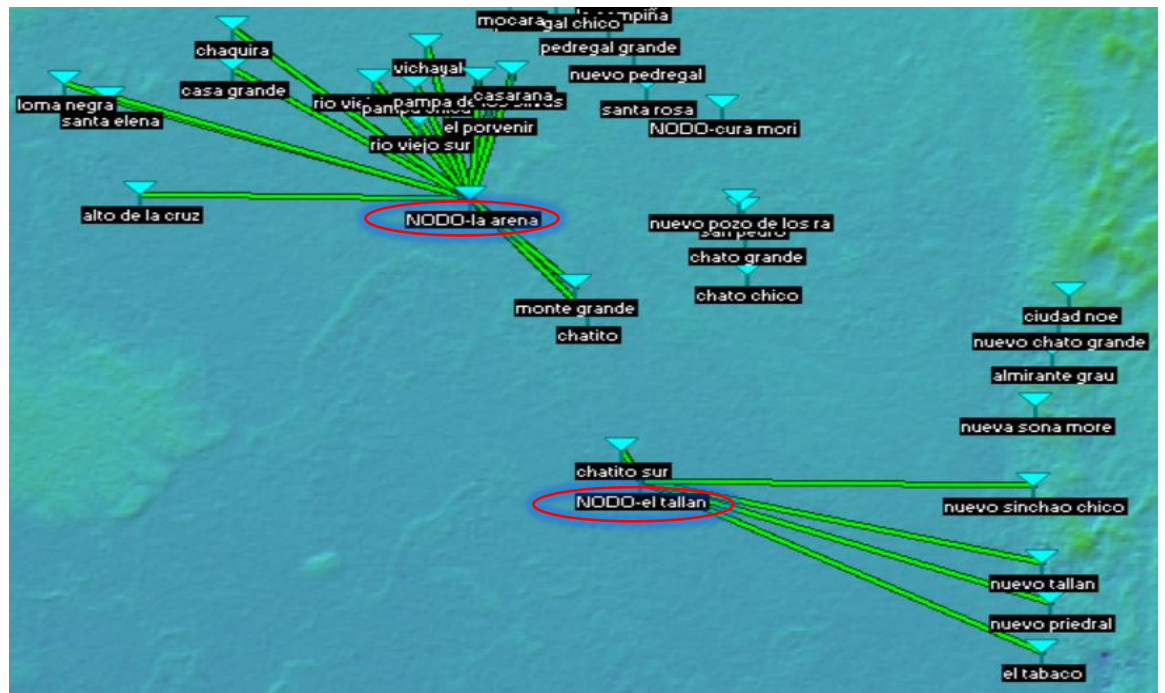


**Figura 43:** Radioenlace La Arena y Casarana.



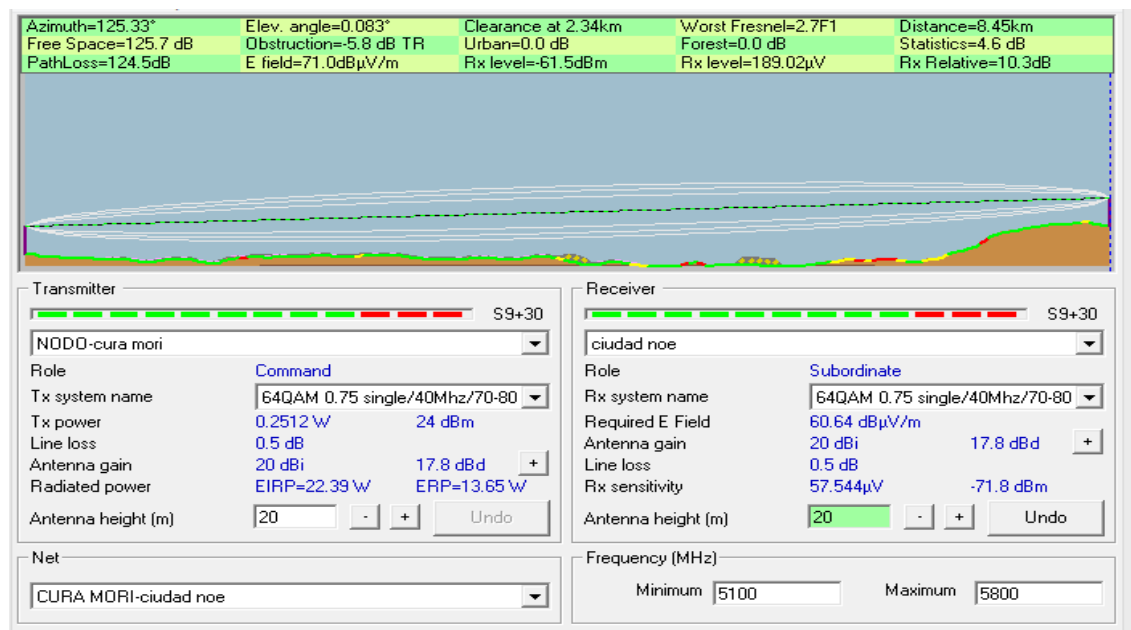
**Figura 44:** Radioenlace La Arena y Alto de la Cruz.

En la Figura 45 se muestran los radioenlaces de los Nodos de Tallan y La Arena con sus localidades correspondientes.

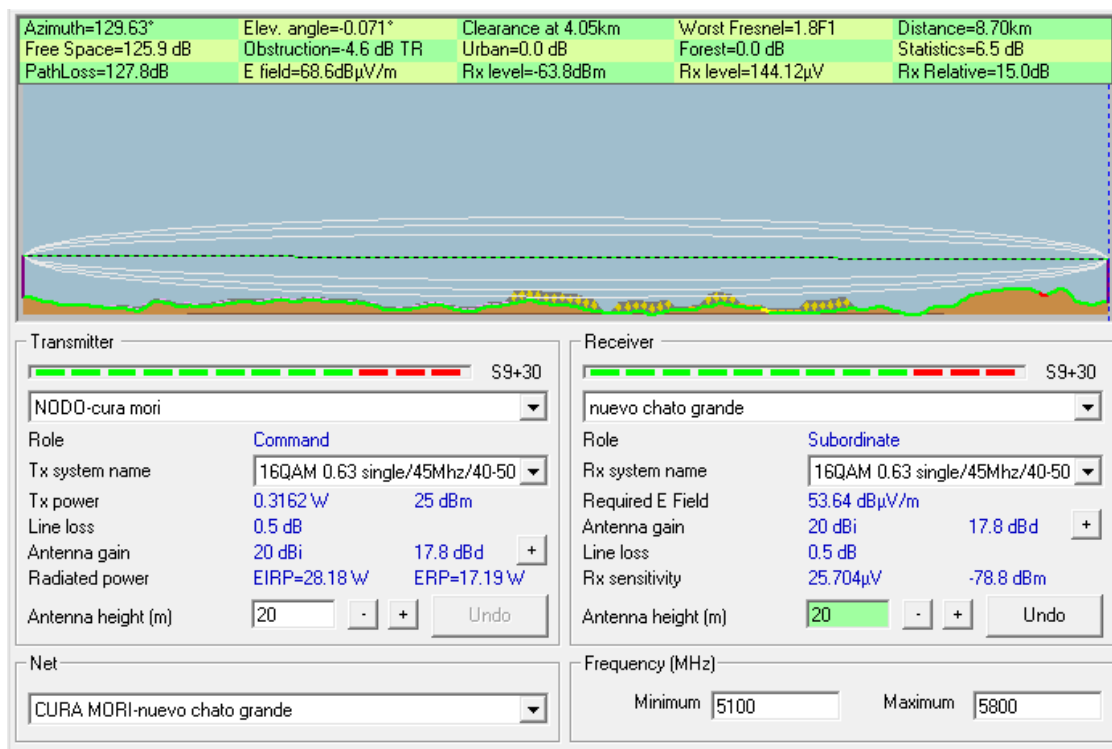


**Figura 45:** Radioenlaces de los Nodos de Tallan y La Arena.

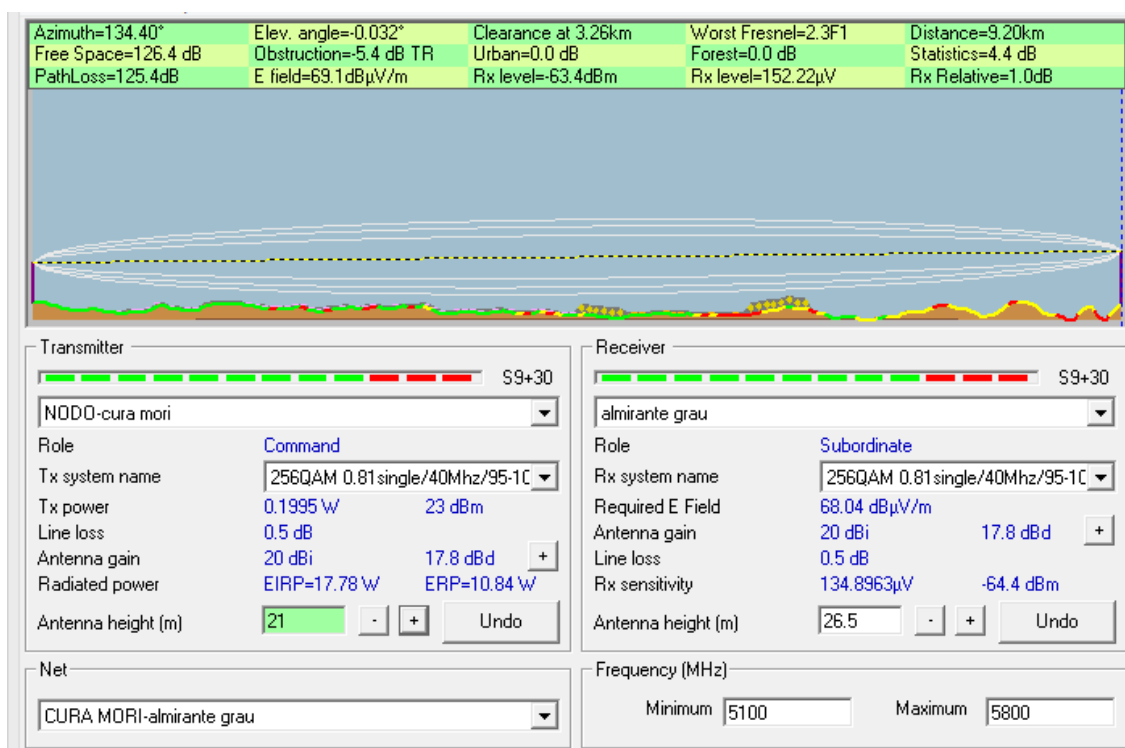
Con el software Radio Mobile se pudo verificar que existe línea de vista entre los Nodos de Cura Mori y Catacaos con sus respectivas localidades. Además, se pudo obtener la potencia de las antenas así como su ganancia.



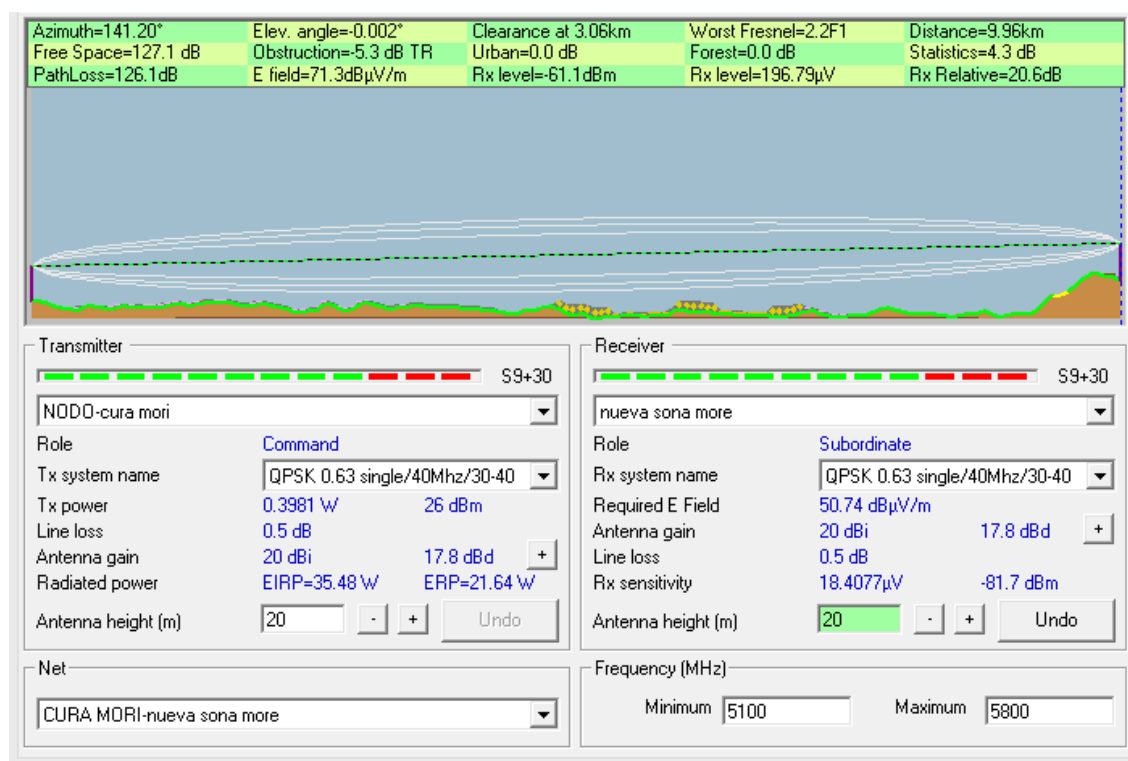
**Figura 46:** Radioenlace Cura Mori y Ciudad Noé.



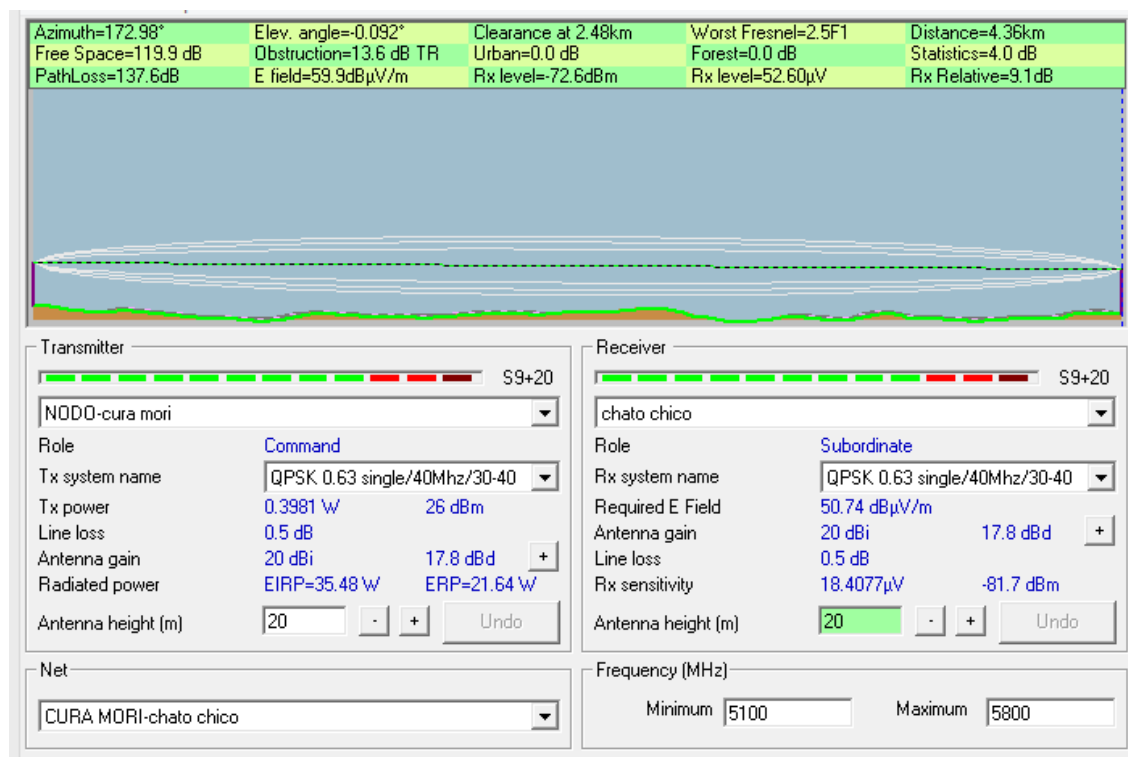
**Figura 47** Radioenlace Cura Mori y Nuevo chato grande.



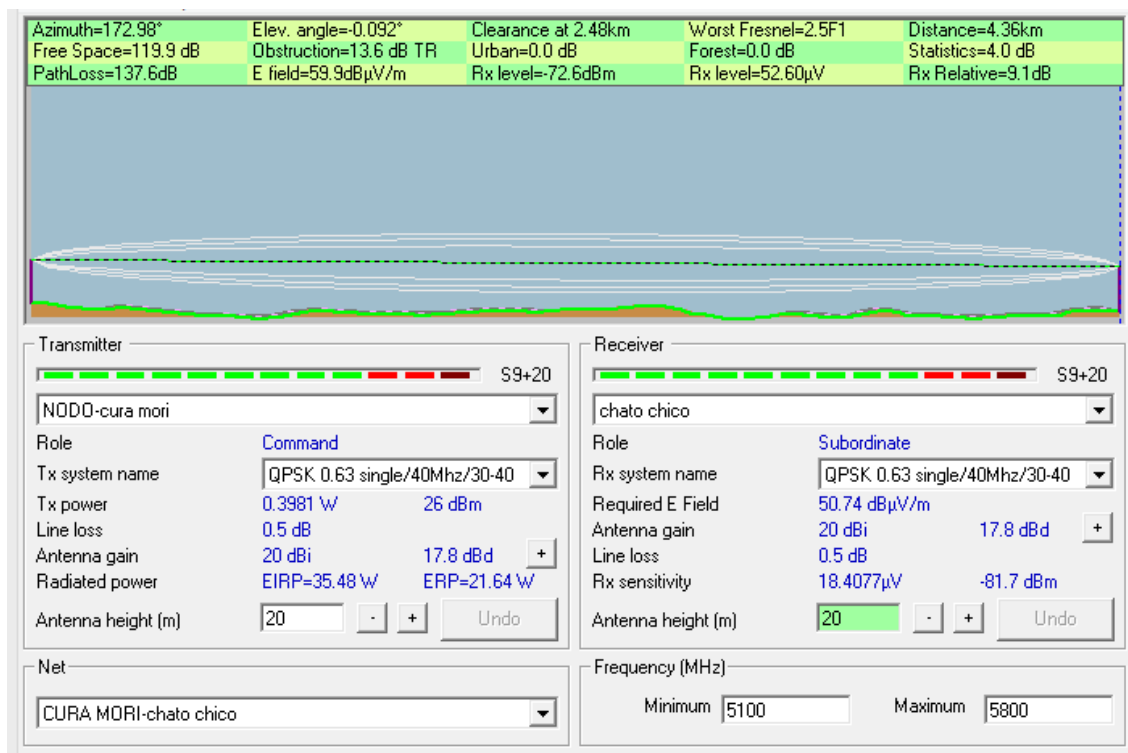
**Figura 48:** Radioenlace Cura Mori y Almirante Grau.



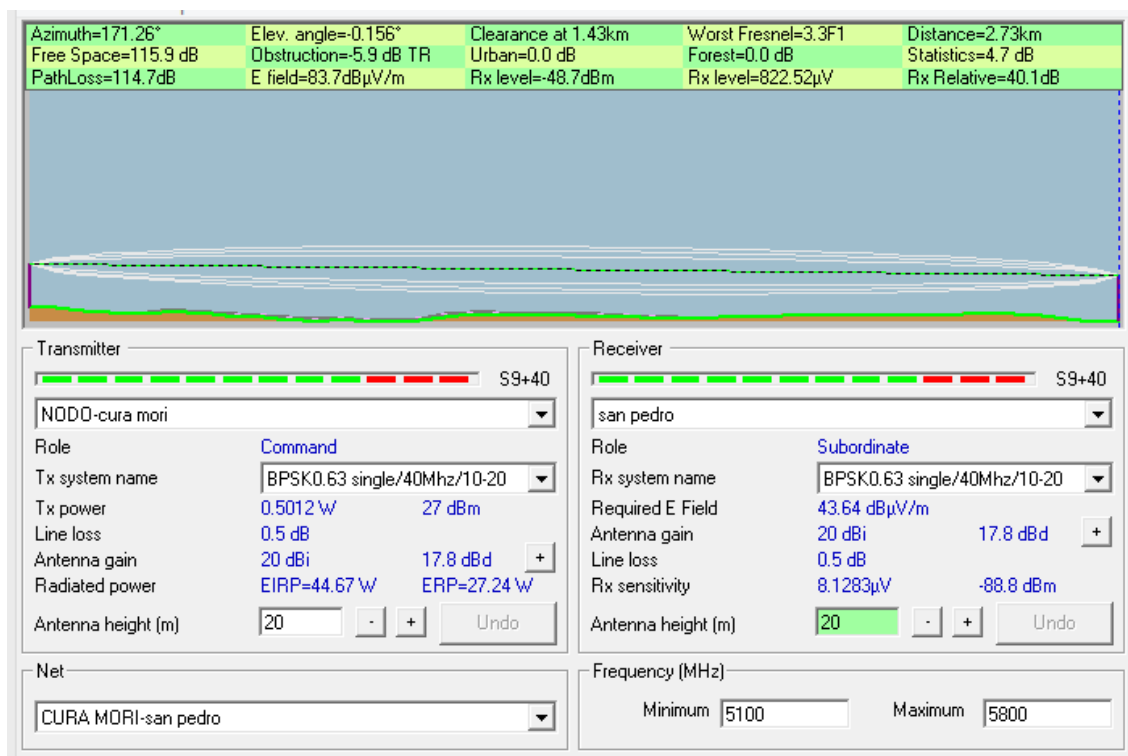
**Figura 49:** Radioenlace Cura Mori y Nueva Zona More.



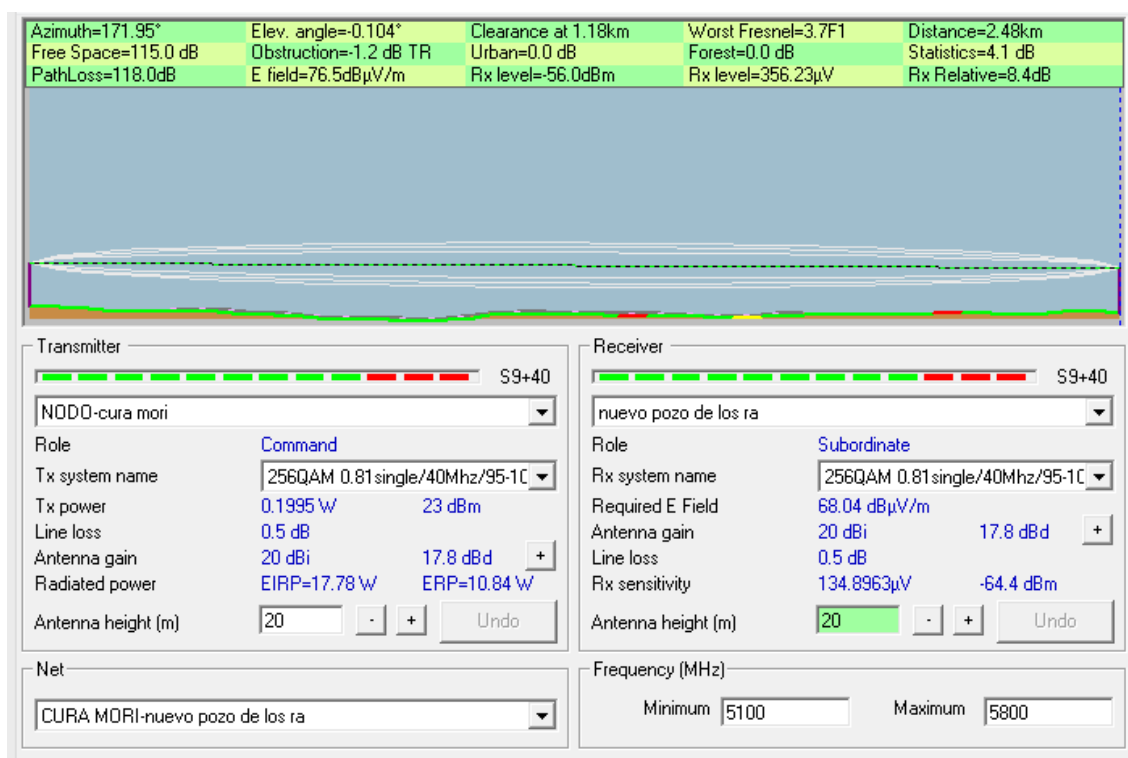
**Figura 50:** Radioenlace Cura Mori y Chato Chico.



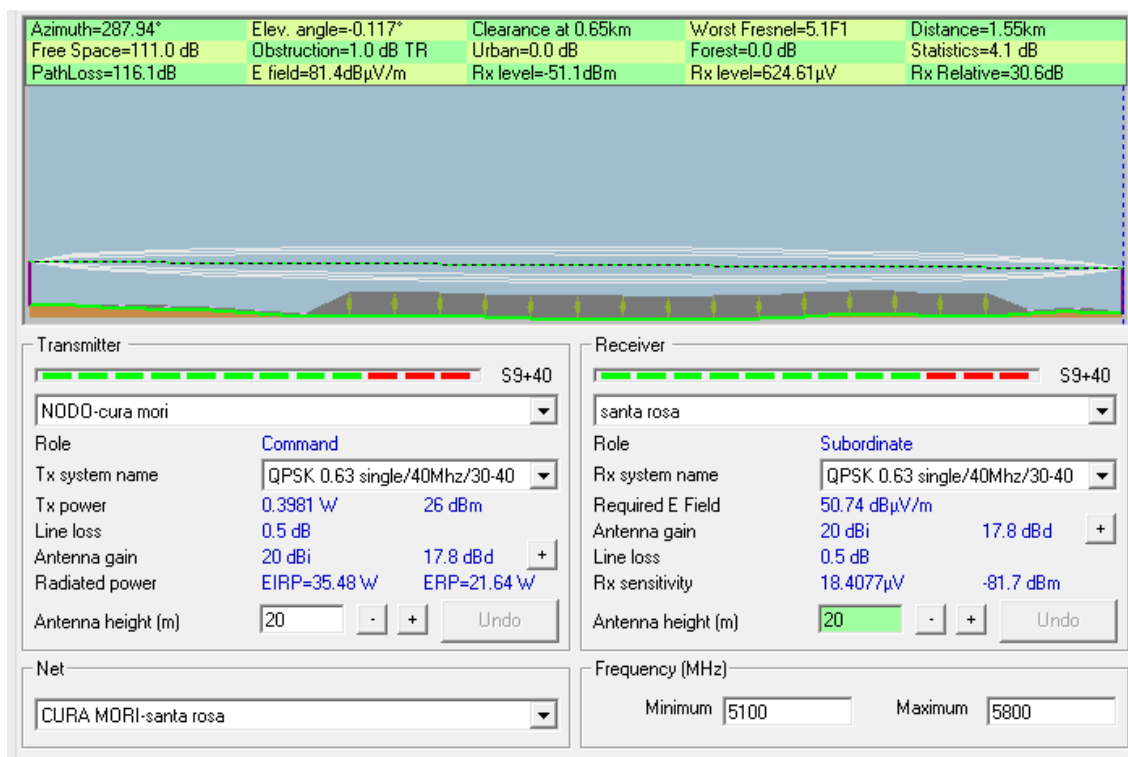
**Figura 51:** Radioenlace Cura Mori y Chato Grande.



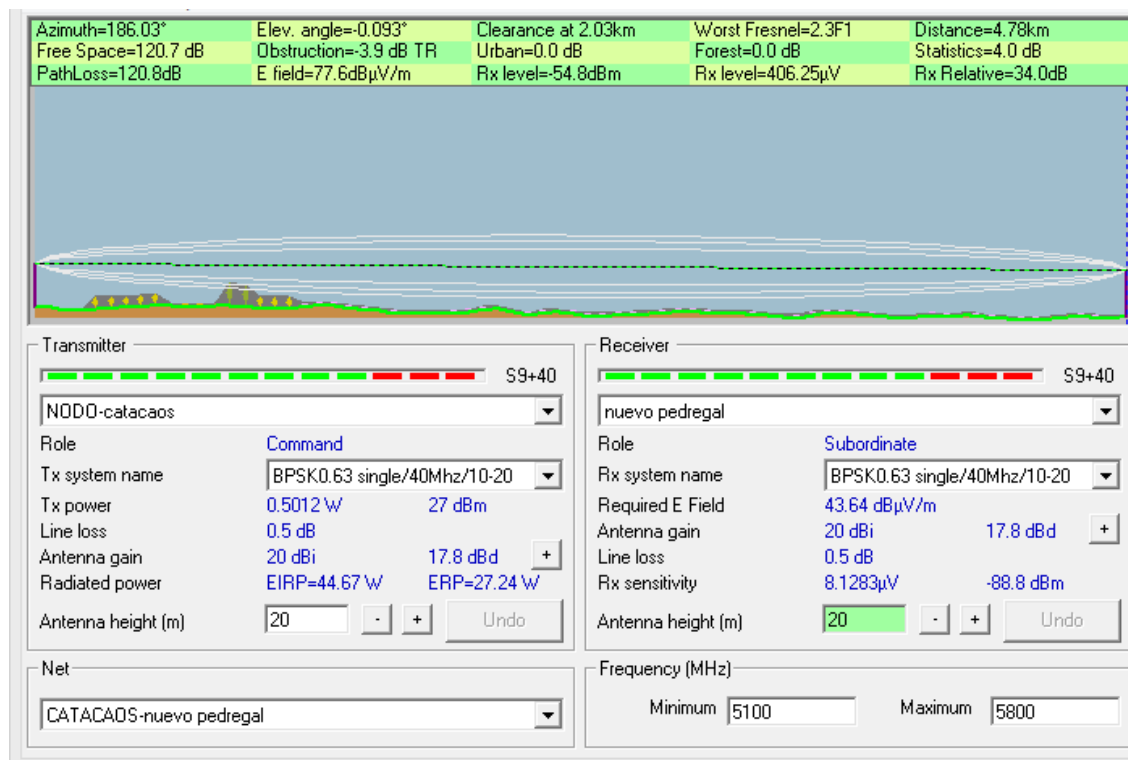
**Figura 52:** Radioenlace Cura Mori y San Pedro.



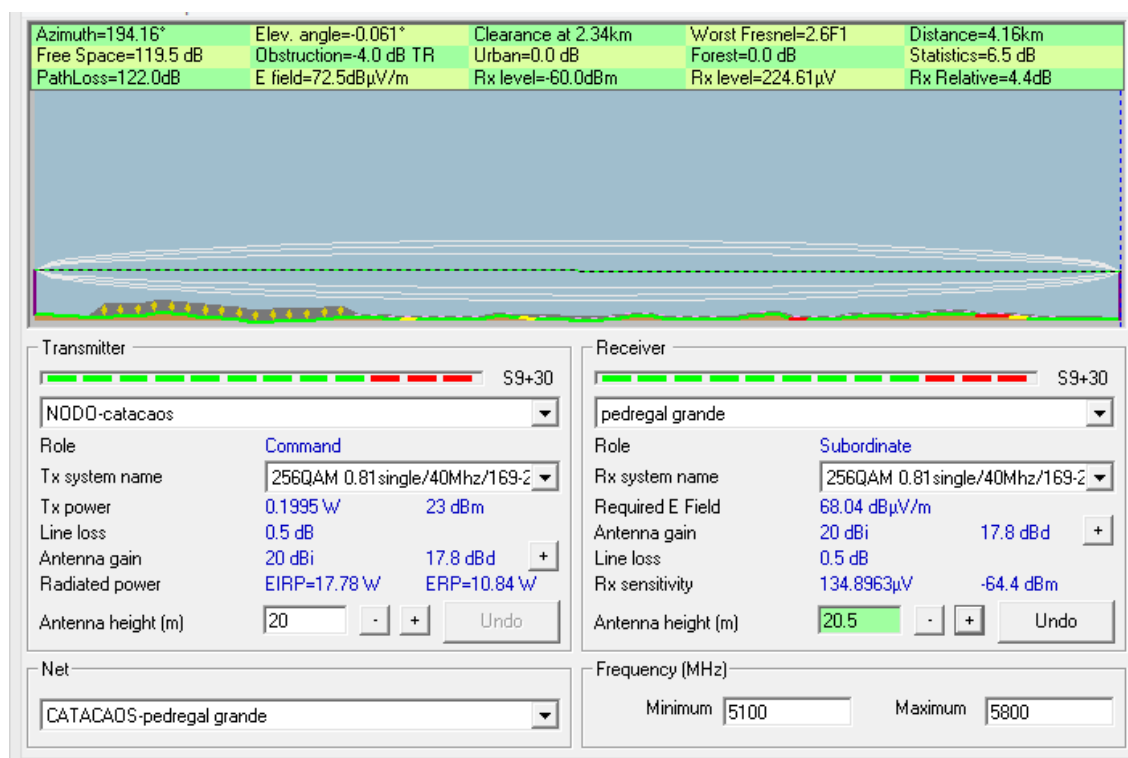
**Figura 53:** Radioenlace Cura Mori y Nuevo pozo de los Ramos.



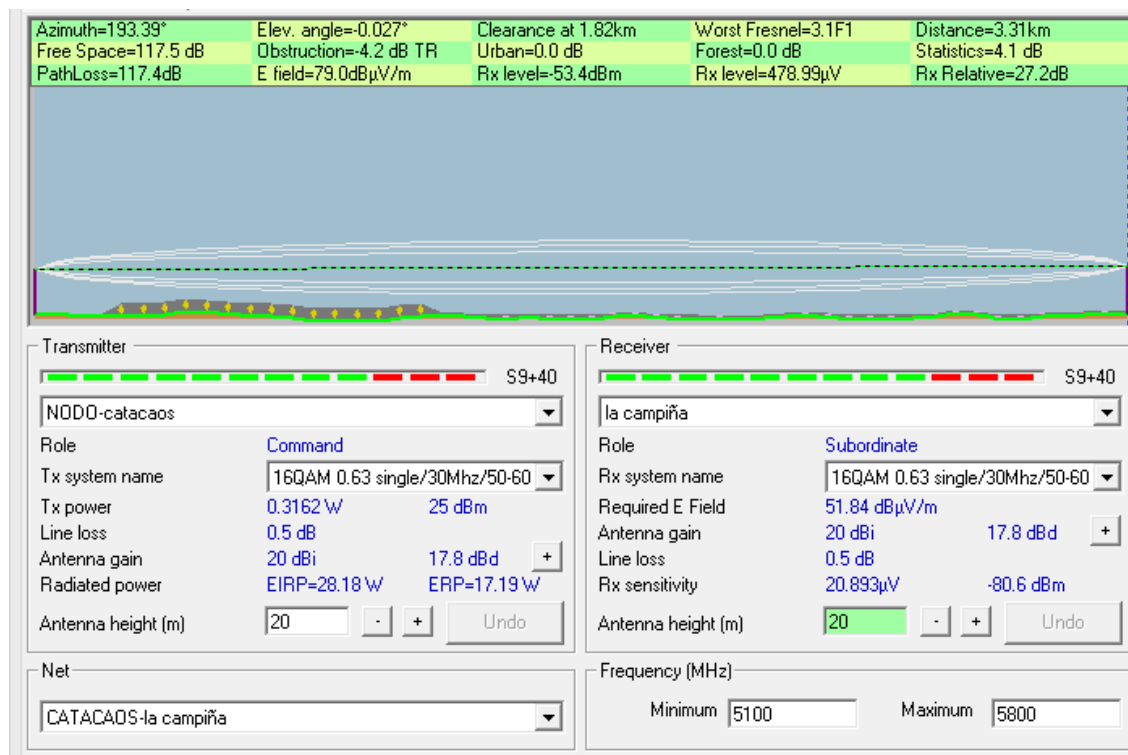
**Figura 54:** Radioenlace Cura Mori y Santa Rosa.



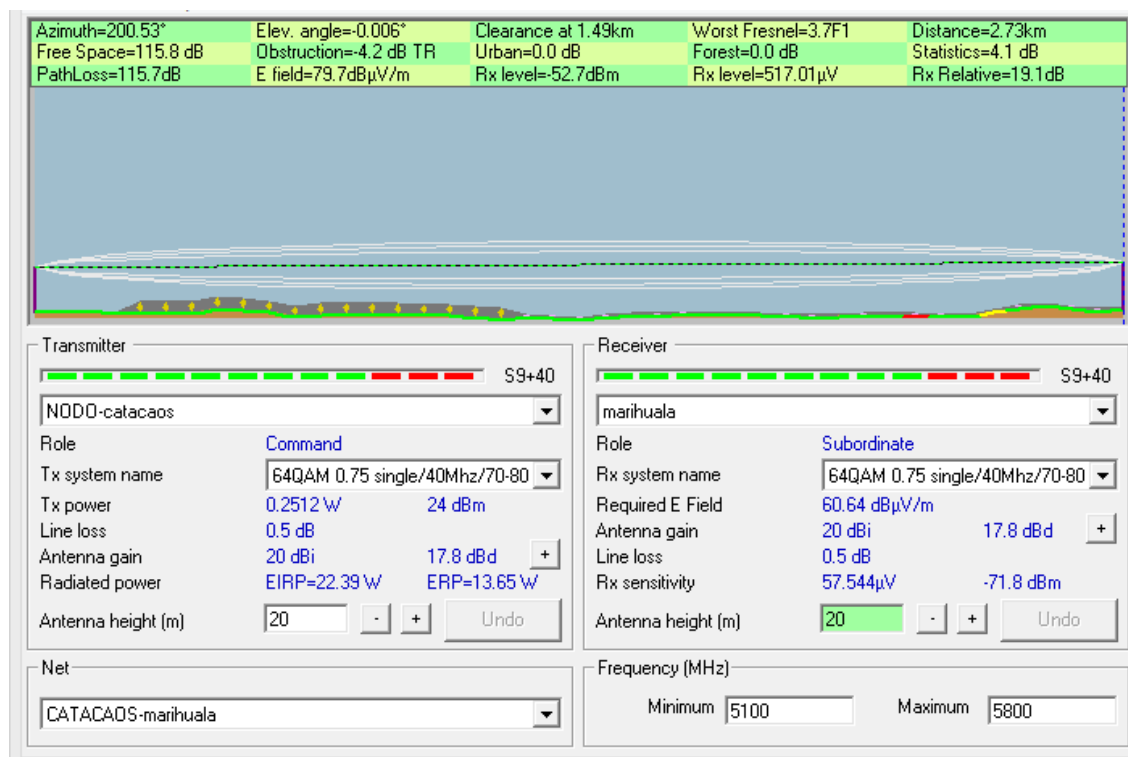
**Figura 55:** Radioenlace Catacaos y Nuevo Pedregal.



**Figura 56:** Radioenlace Catacaos y Pedregal Grande.

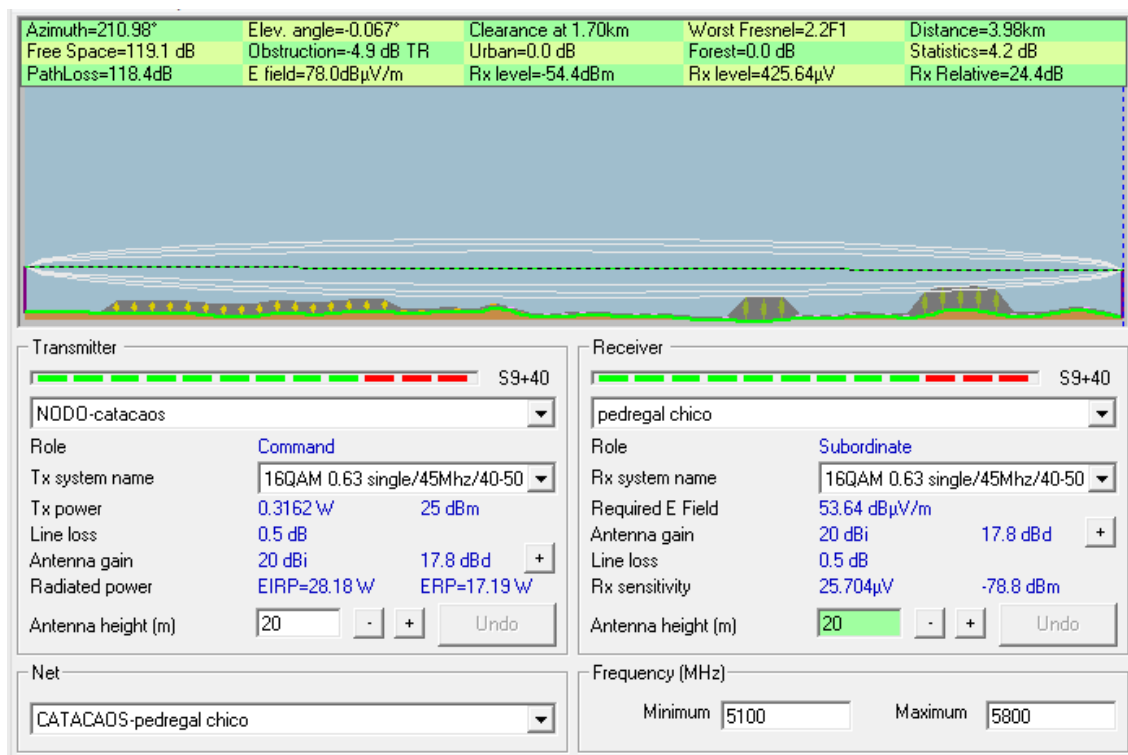


**Figura 57:** Radioenlace Catacaos y La Campiña.

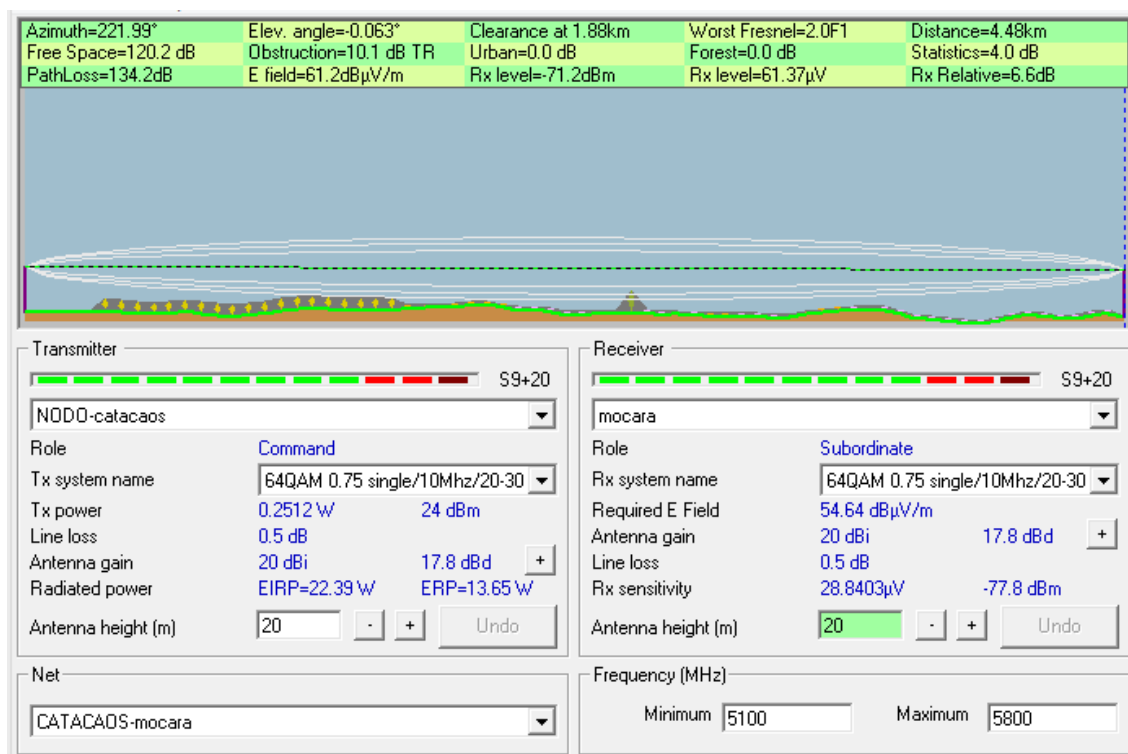


**Figura 58:** Radioenlace Catacaos y Narihuala.

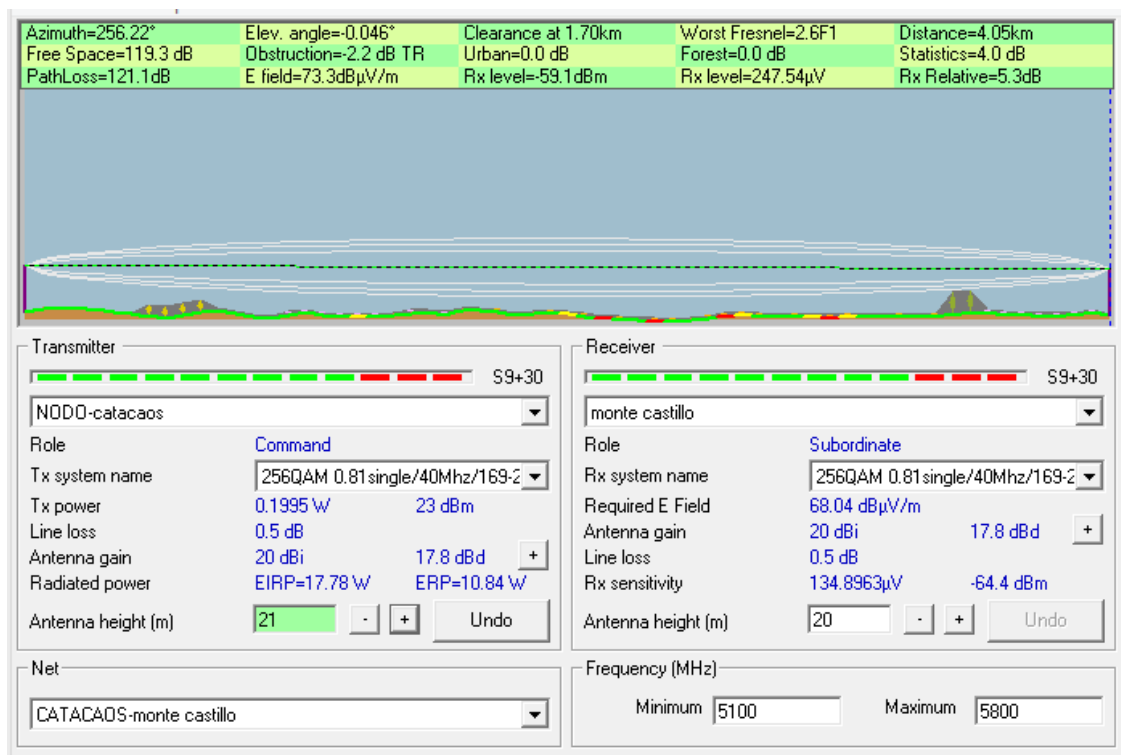




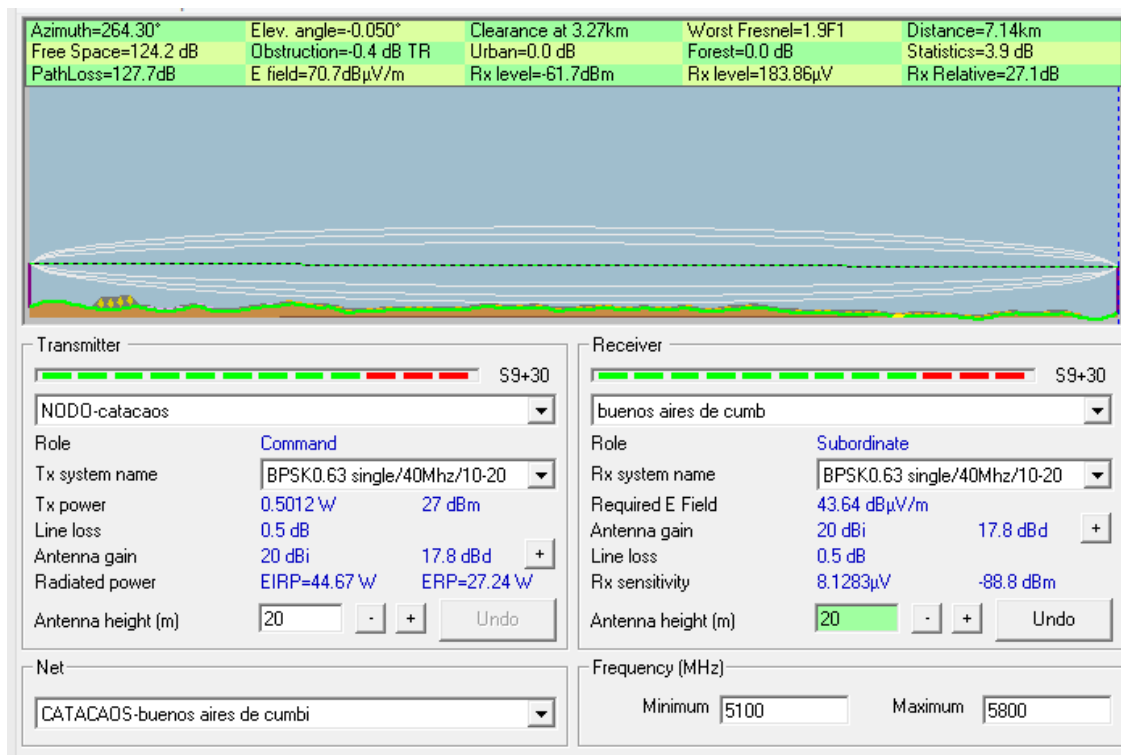
**Figura 59:** Radioenlace Catacaos y Pedregal Chico.



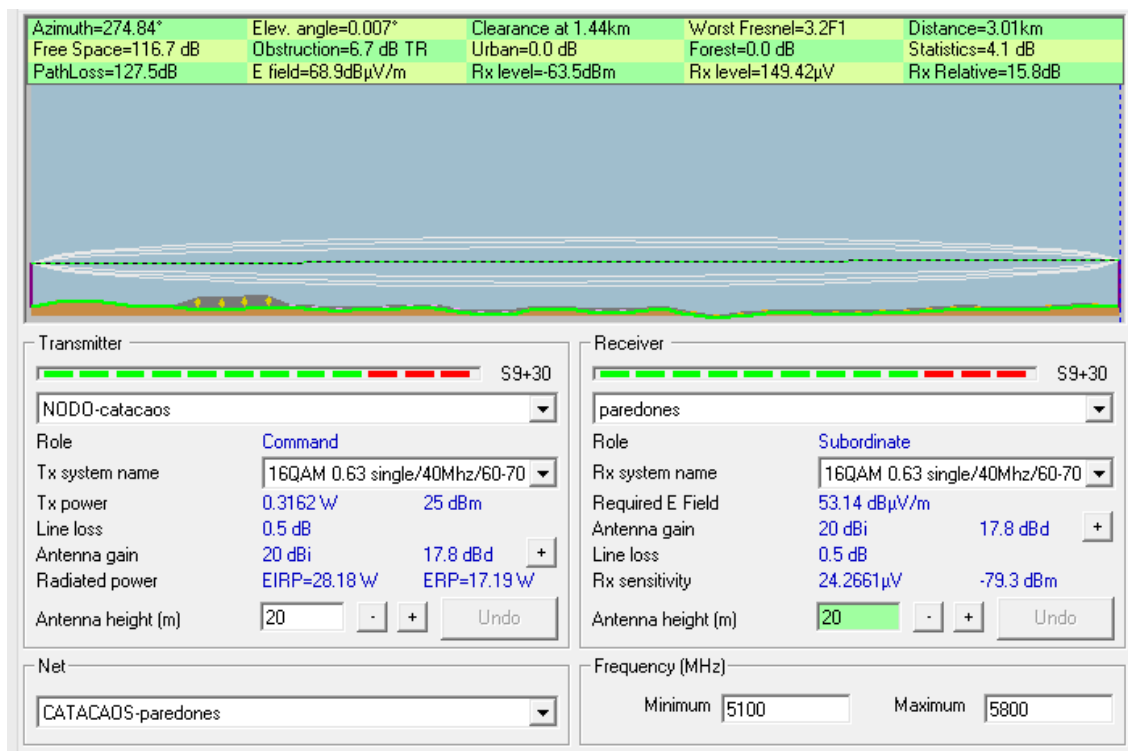
**Figura 60:** Radioenlace Catacaos y Mocara.



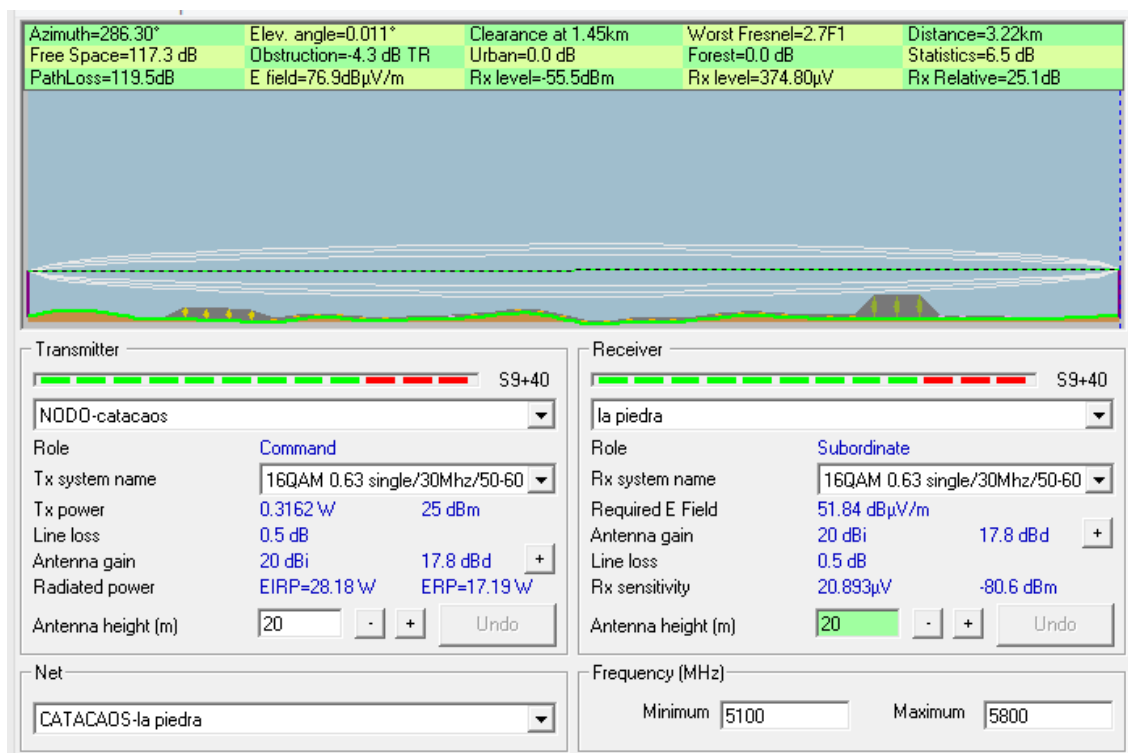
**Figura 61:** Radioenlace Catacaos y Monte Castillo.



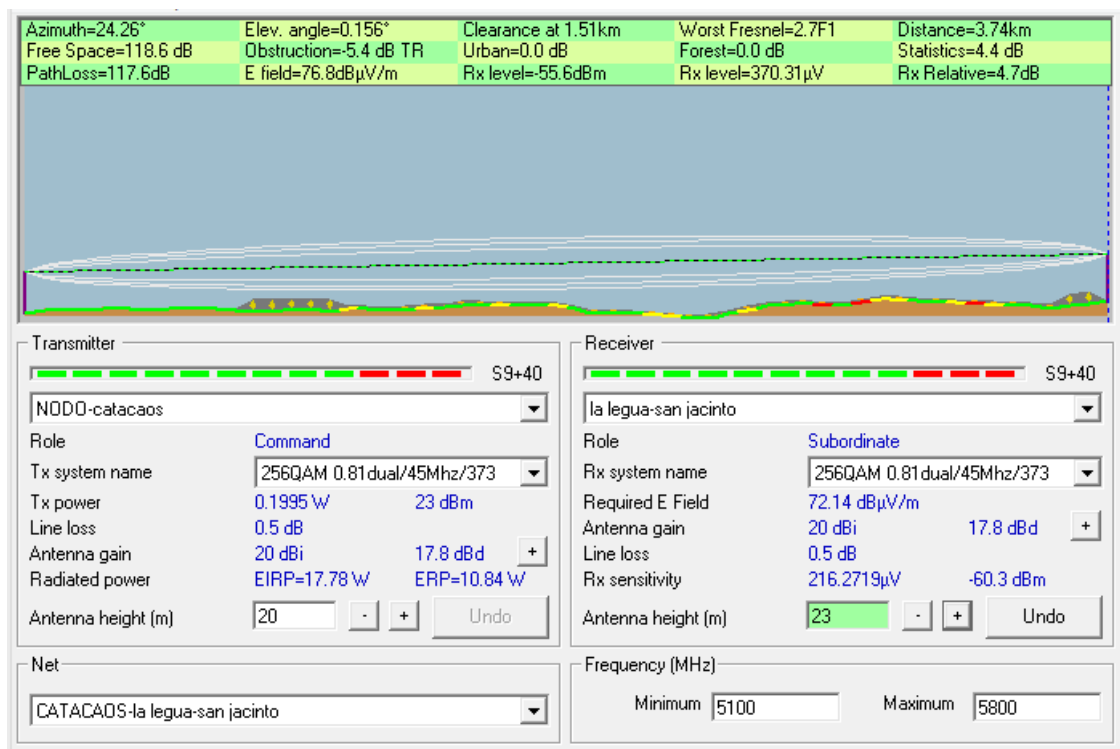
**Figura 62:** Radioenlace Catacaos y Buenos Aires de Cumbibira.



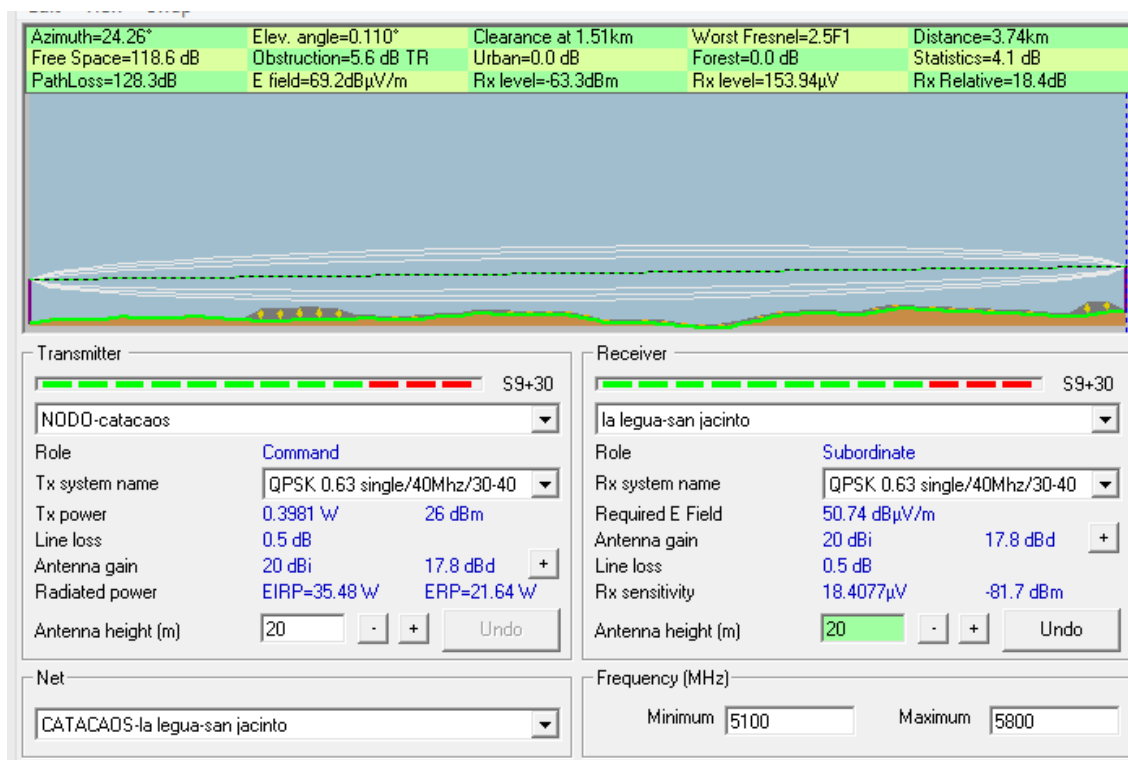
**Figura 63:** Radioenlace Catacaos y Paredones.



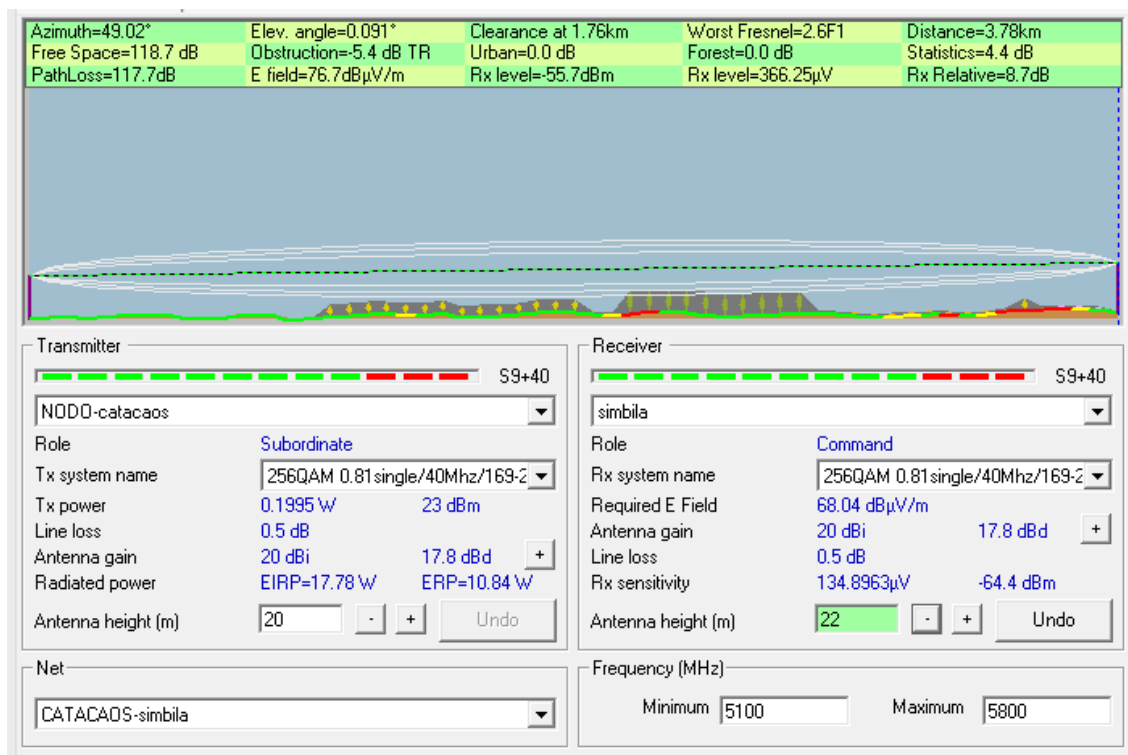
**Figura 64:** Radioenlace Catacaos y La Piedra.



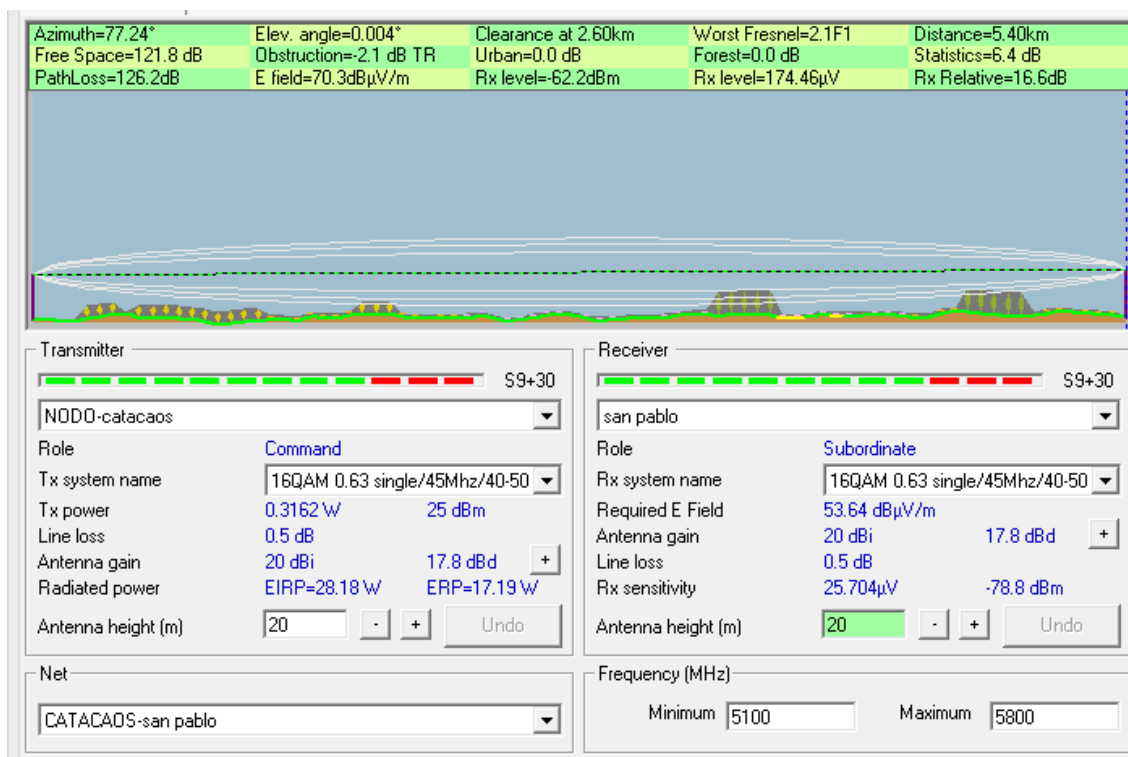
**Figura 65:** Radioenlace Catacaos y La Legua – San Jacinto.



**Figura 66:** Radioenlace Catacaos y Viduque.

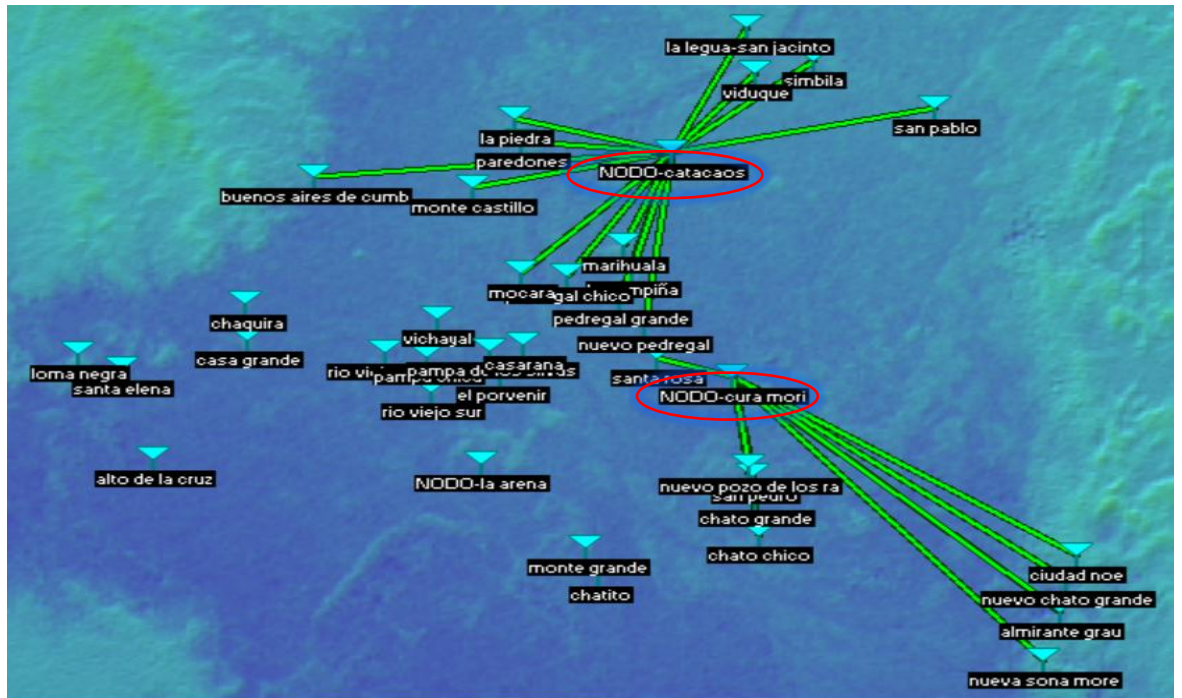


**Figura 67:** Radioenlace Catacaos y Simbila.



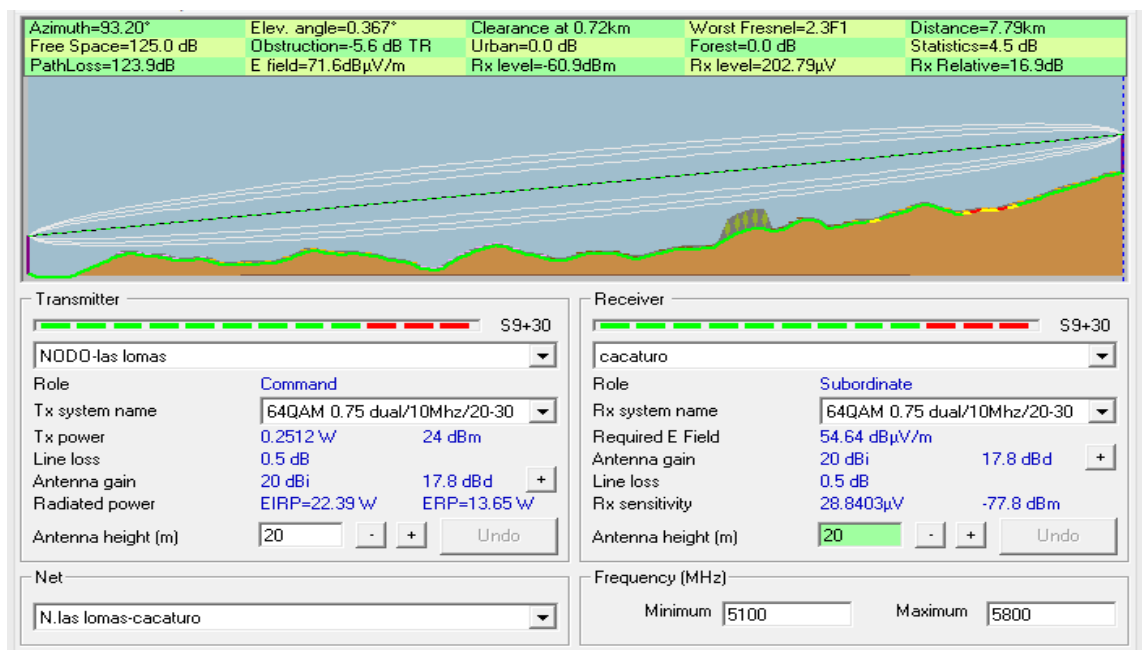
**Figura 68:** Radioenlace Catacaos y San Pablo.

En la Figura 69 se muestran los radioenlaces de los Nodos de Cura Mori y Catacaos con sus localidades correspondientes.

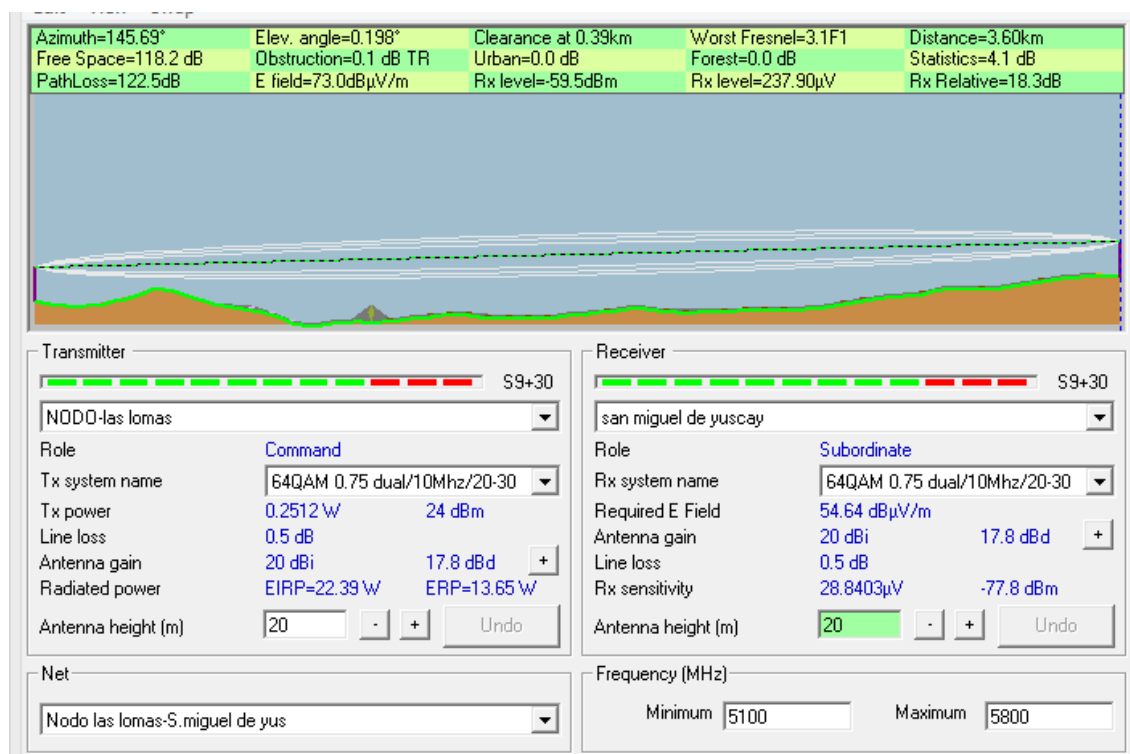


**Figura 69:** Radioenlaces de los Nodos de Cura Mori y Catacaos.

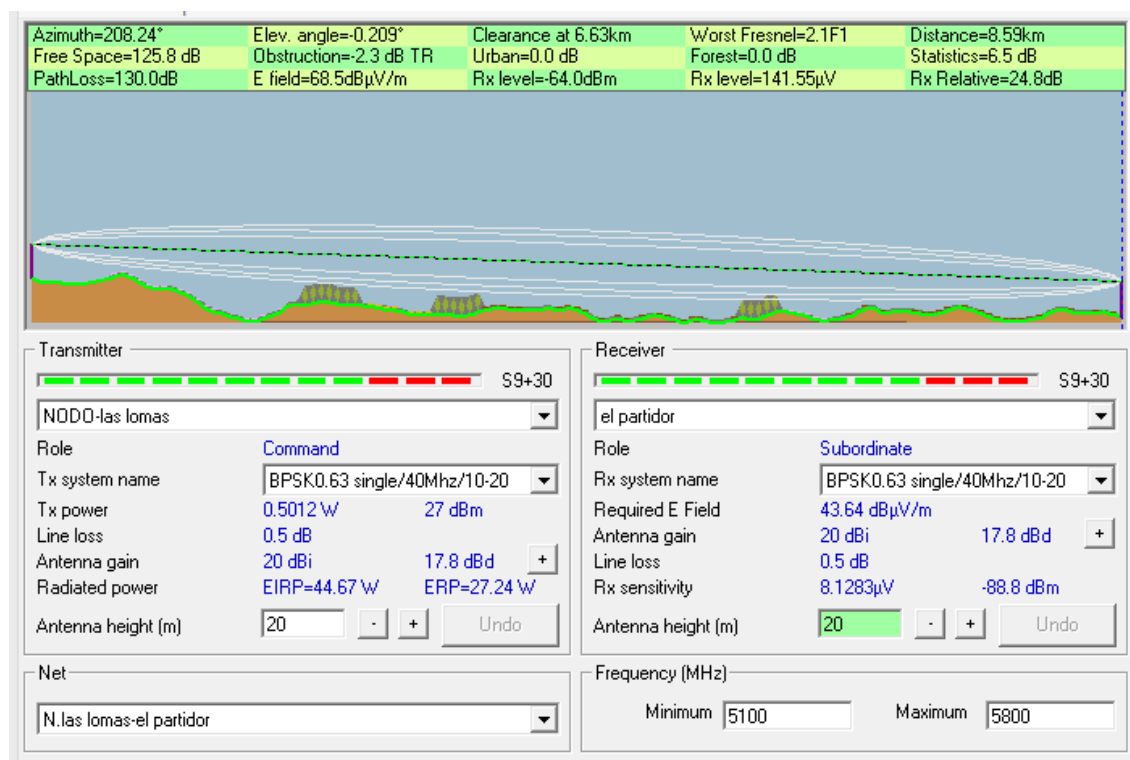
Con el software Radio Mobile se pudo verificar que existe línea de vista entre los Nodos de Las Lomas y Pampa Elera Alta con sus respectivas localidades. Además, se pudo obtener la potencia de las antenas así como su ganancia.



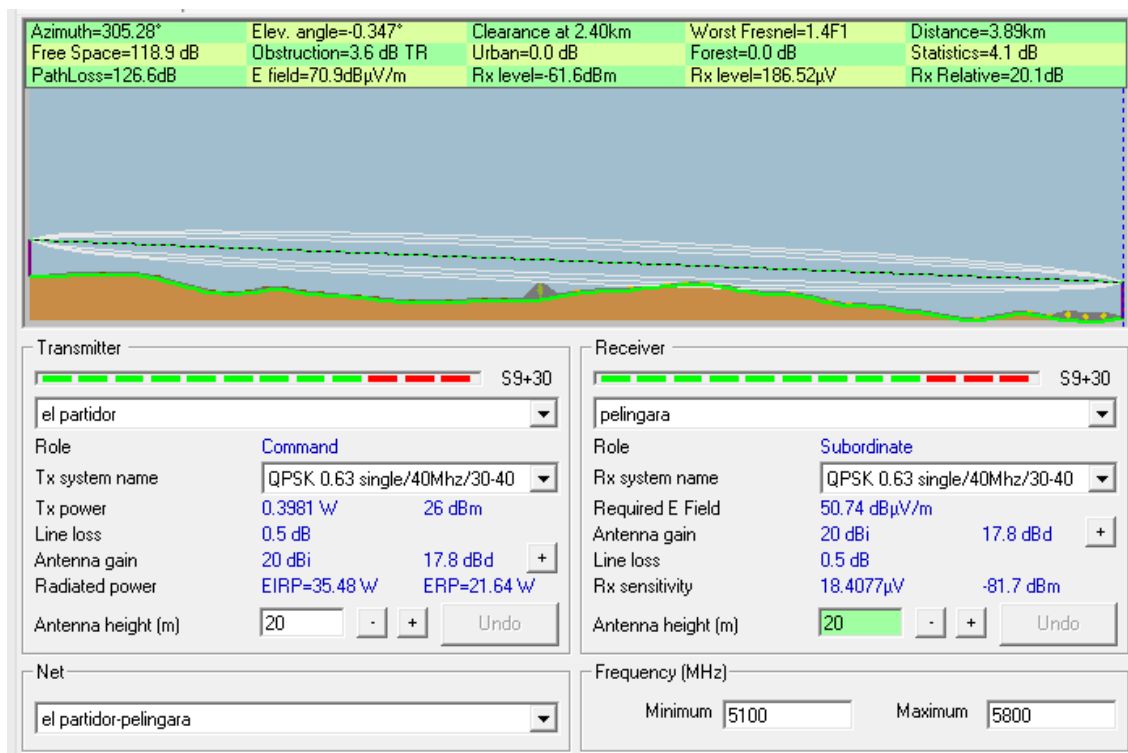
**Figura 70:** Radioenlace Las Lomas y Cacaturo.



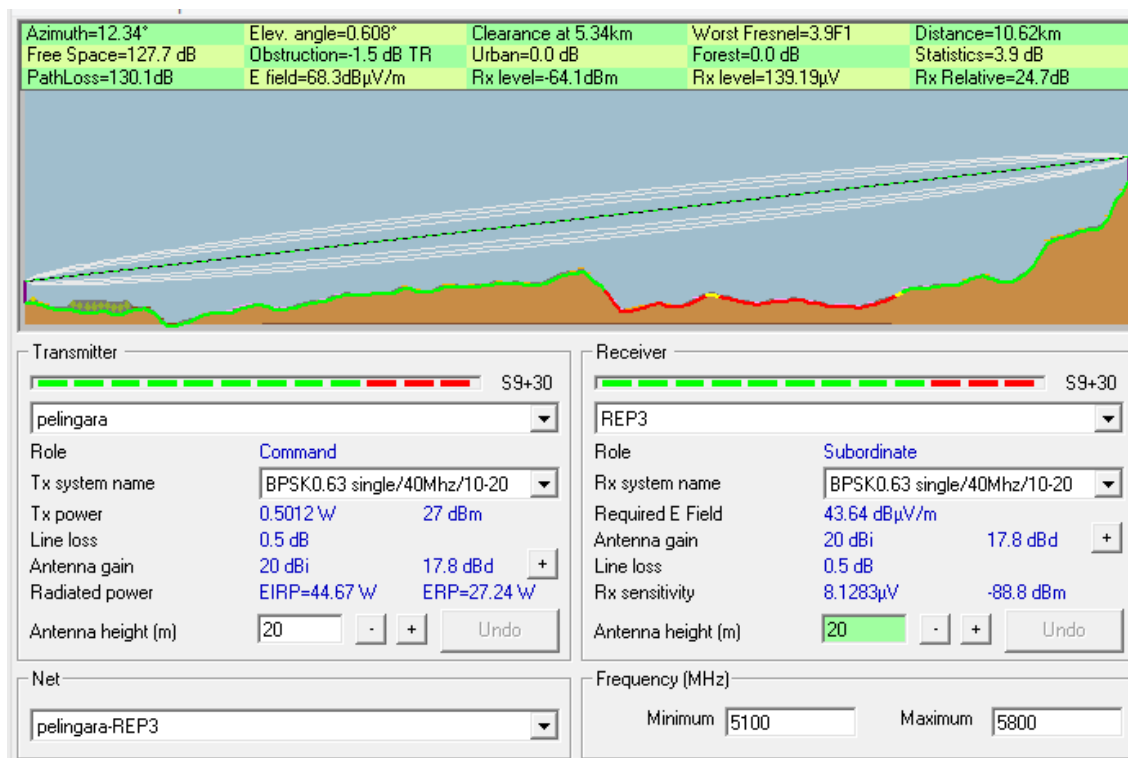
**Figura 71:** Radioenlace Las Lomas y San Miguel de Yuscay.



**Figura 72:** Radioenlace Las Lomas y El Partidor.

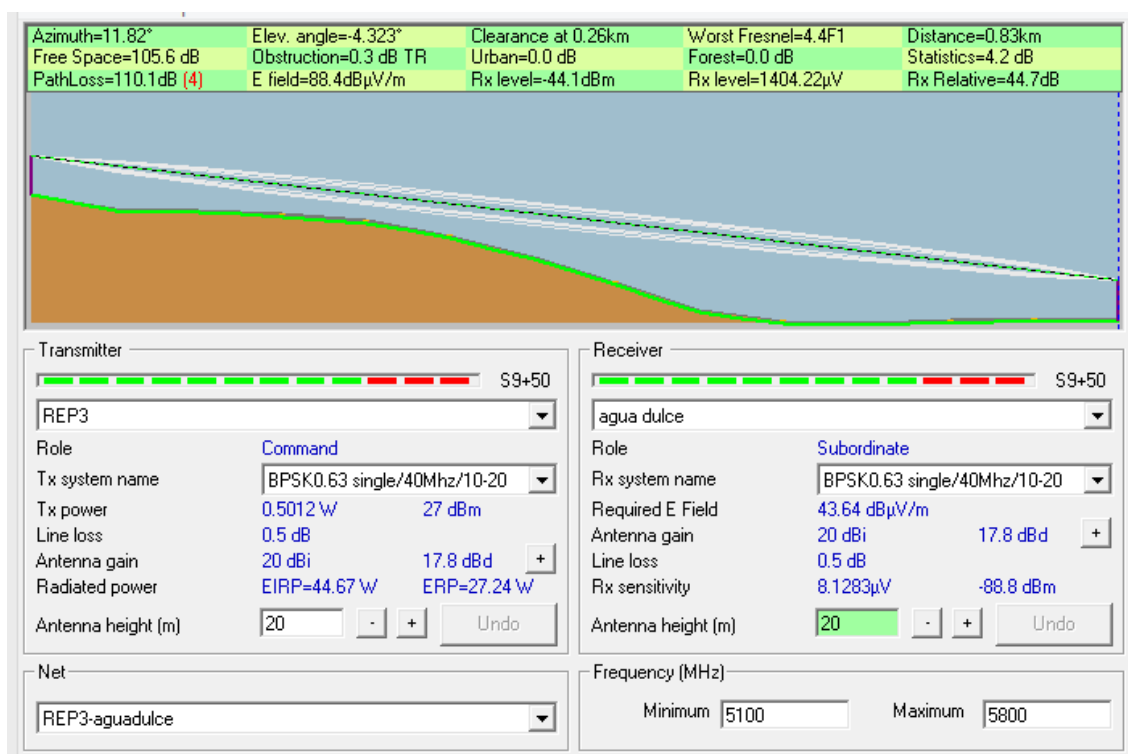


**Figura 73:** Radioenlace El Partidor y Pelingara.

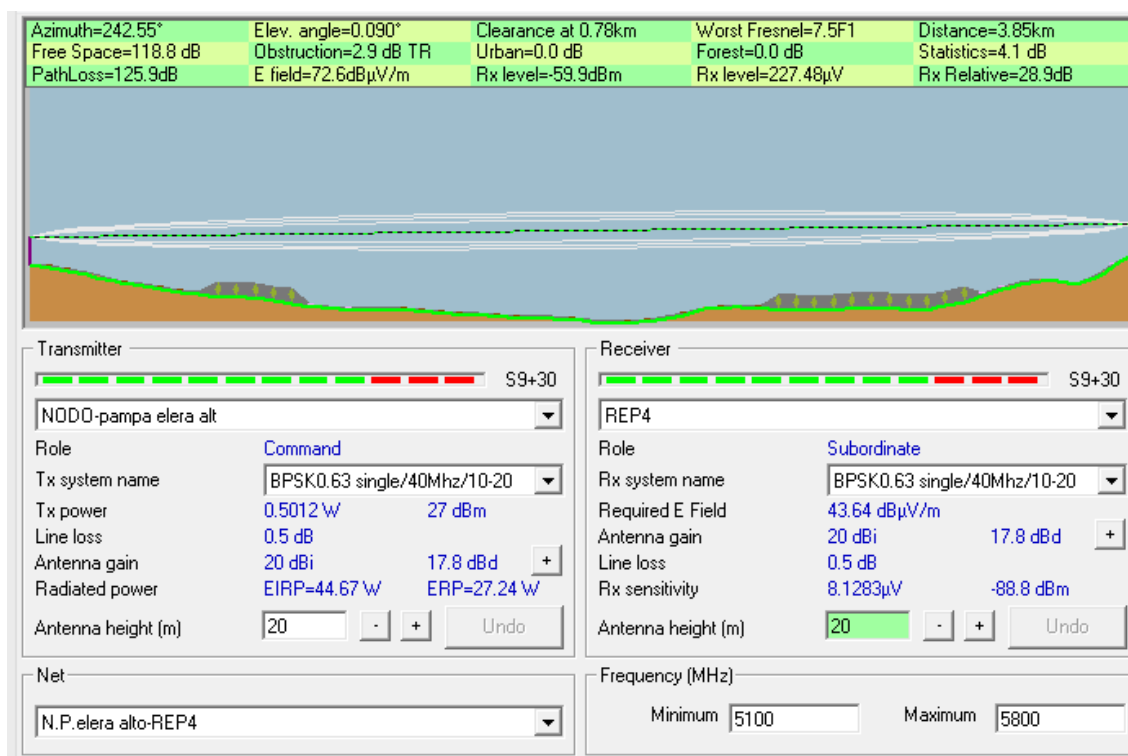


**Figura 74:** Radioenlace Pelingara y REP3.

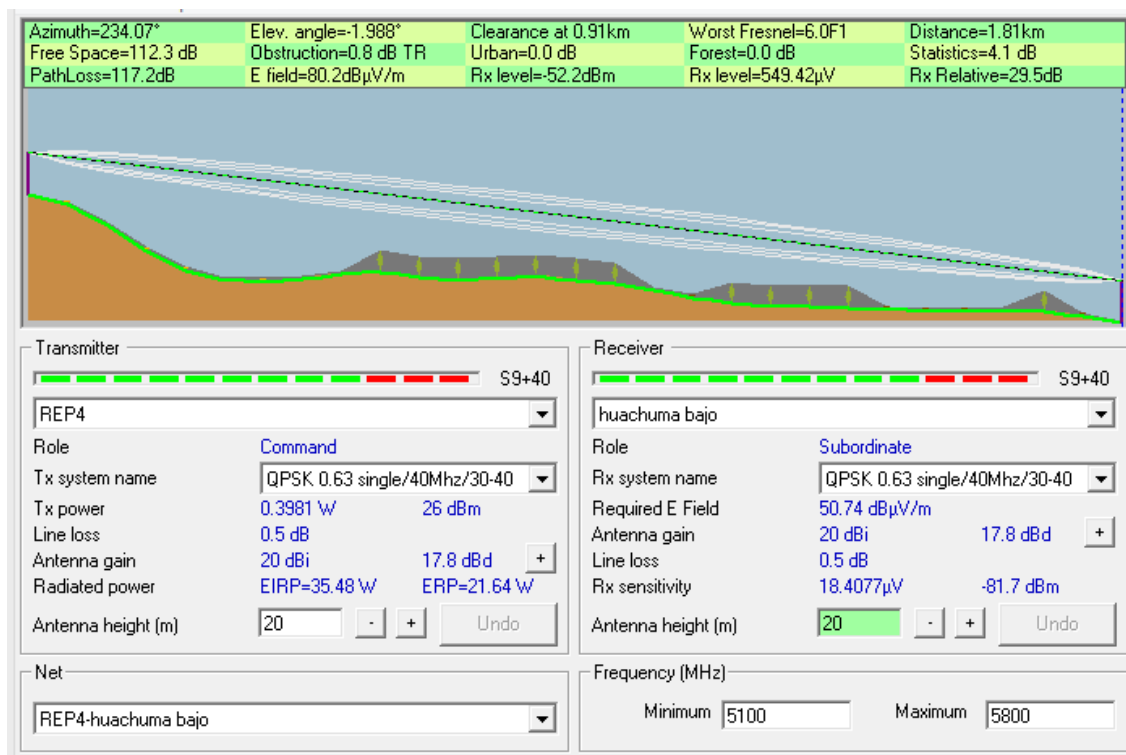




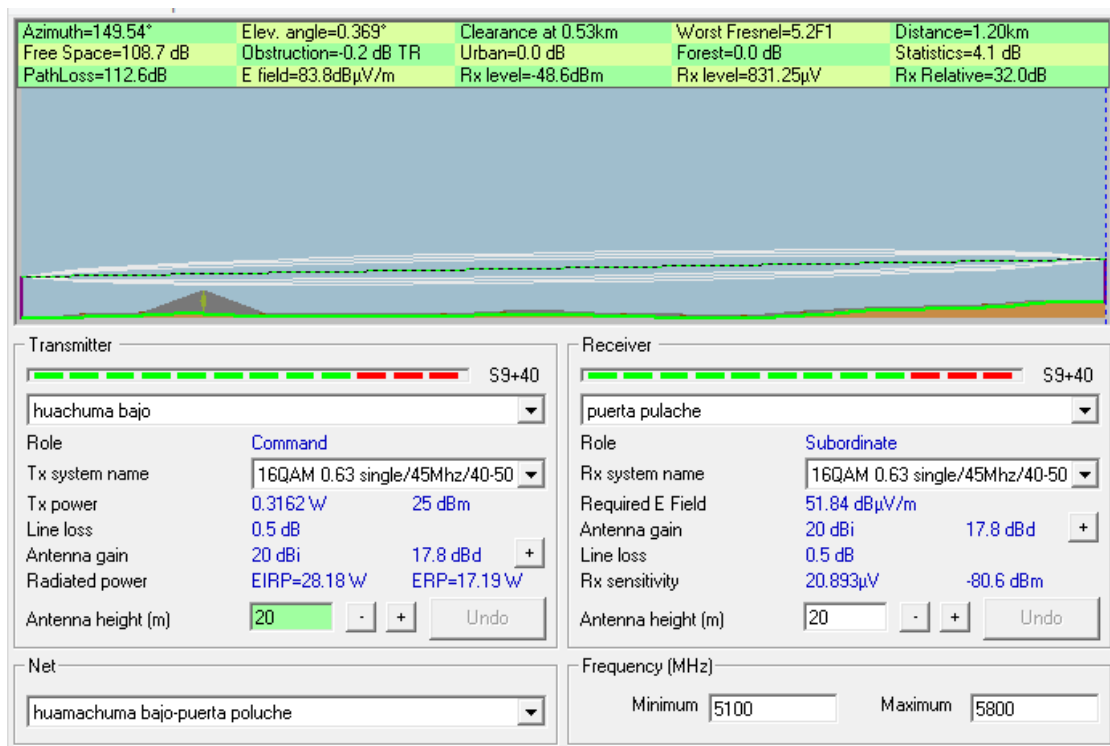
**Figura 75:** Radioenlace REP3 y Agua Dulce.



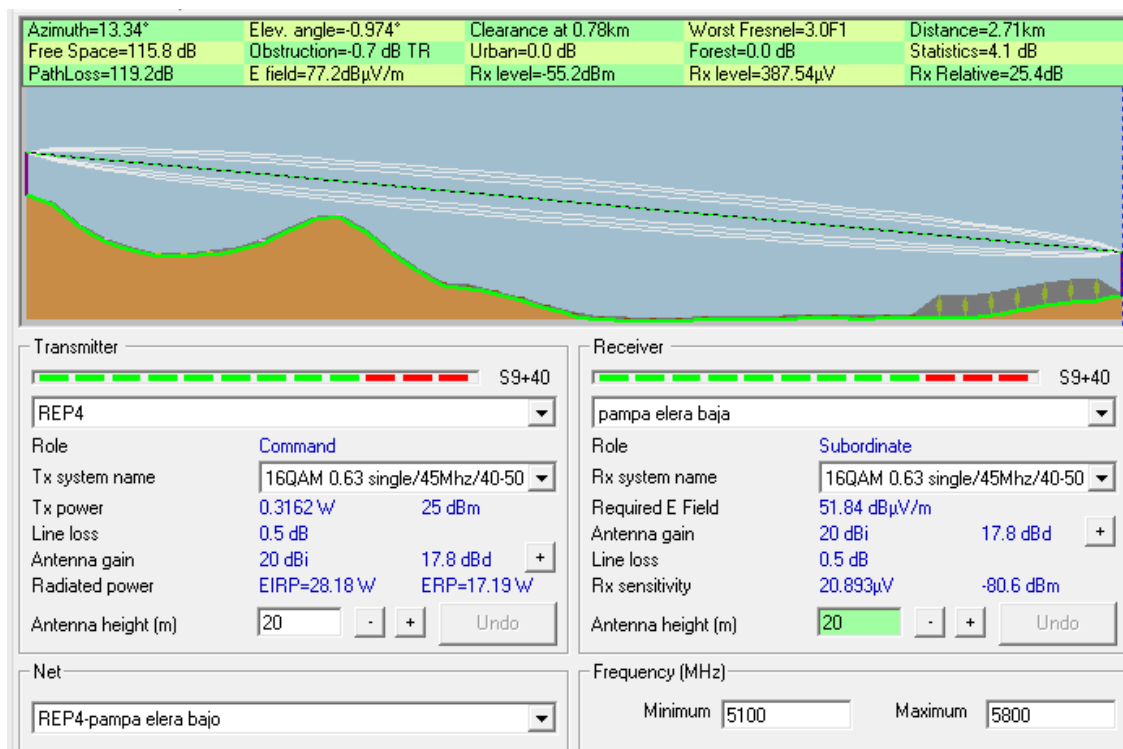
**Figura 76:** Radioenlace Pampa Elera Alto y REP4.



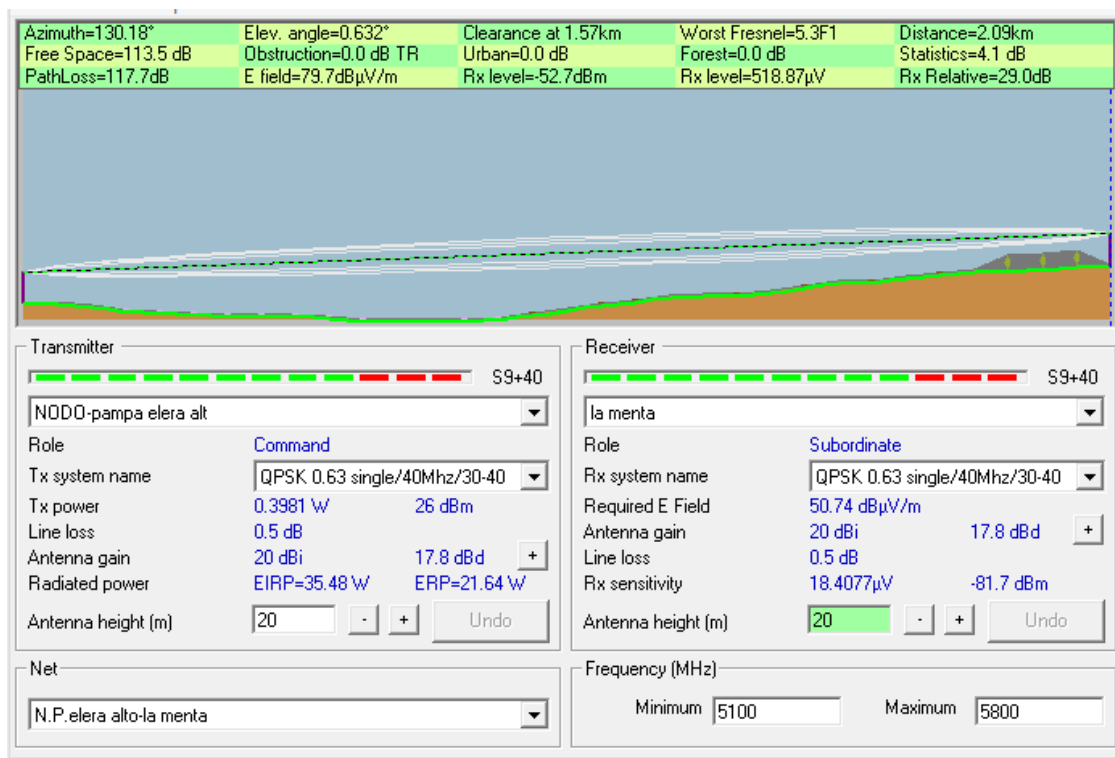
**Figura 77:** Radioenlace REP4 y Huachuma Bajo.



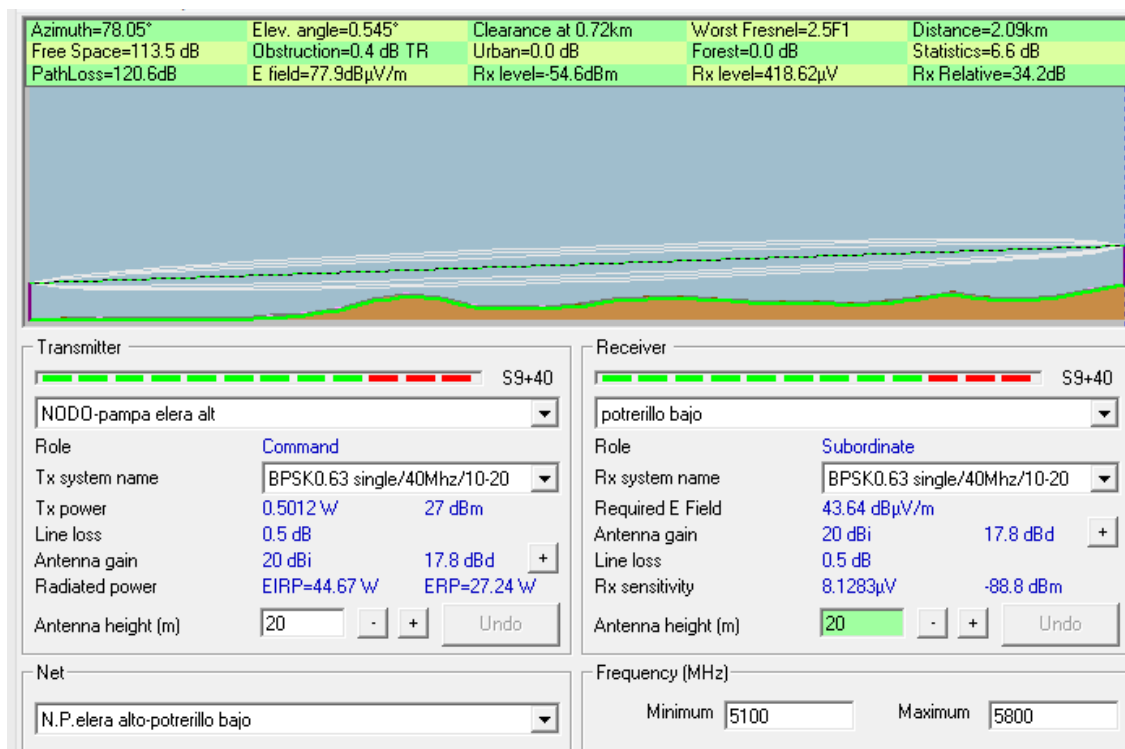
**Figura 78:** Radioenlace Huachuma Bajo y Puerta Pulache.



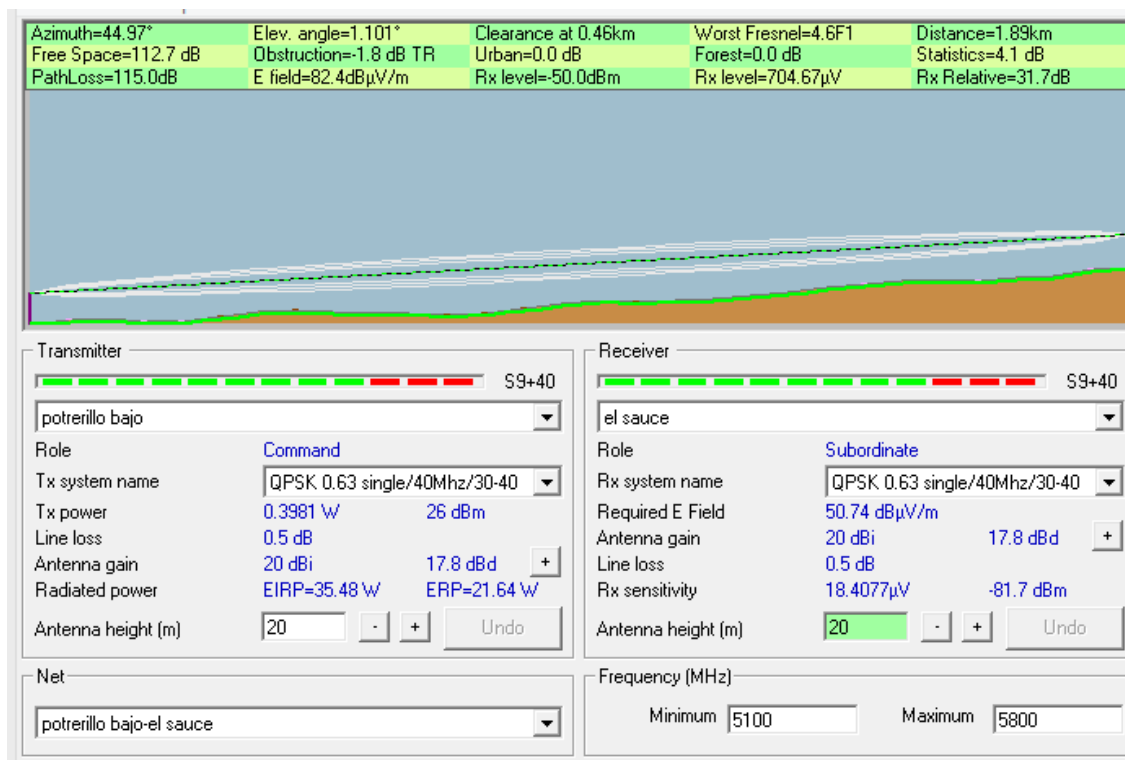
**Figura 79:** Radioenlace REP4 y Pampa Elera Bajo.



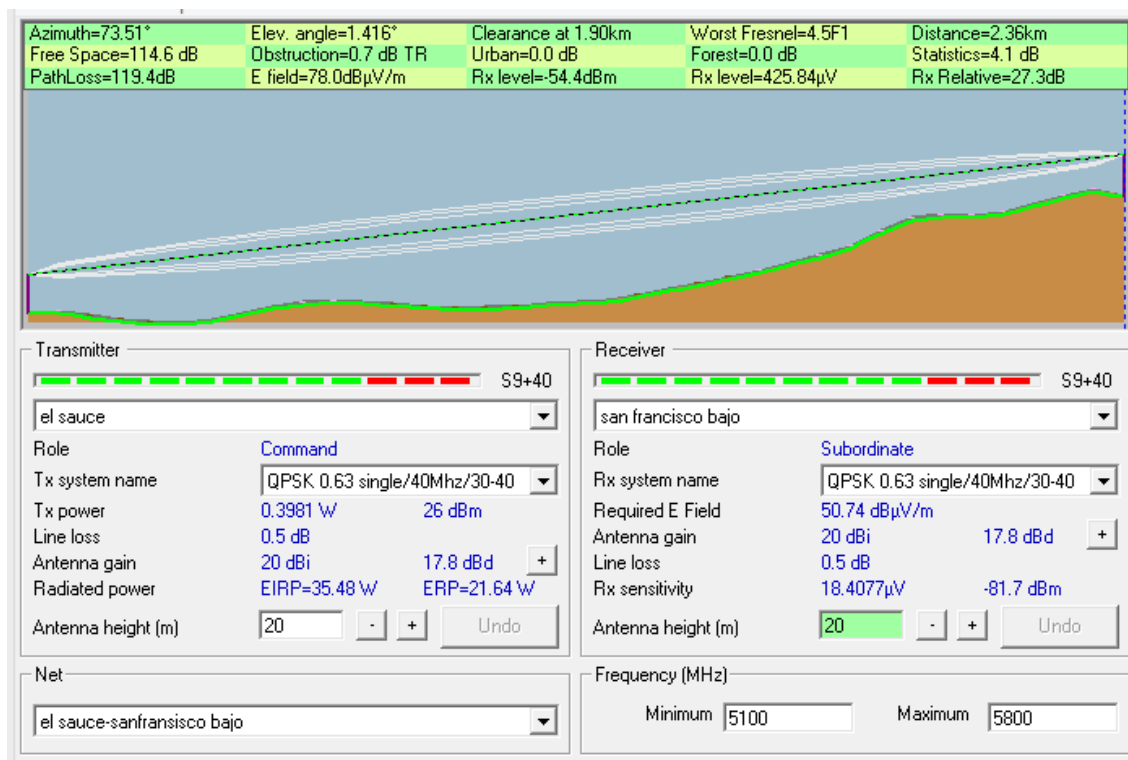
**Figura 80:** Radioenlace Pampa Elera Alto y La Menta.



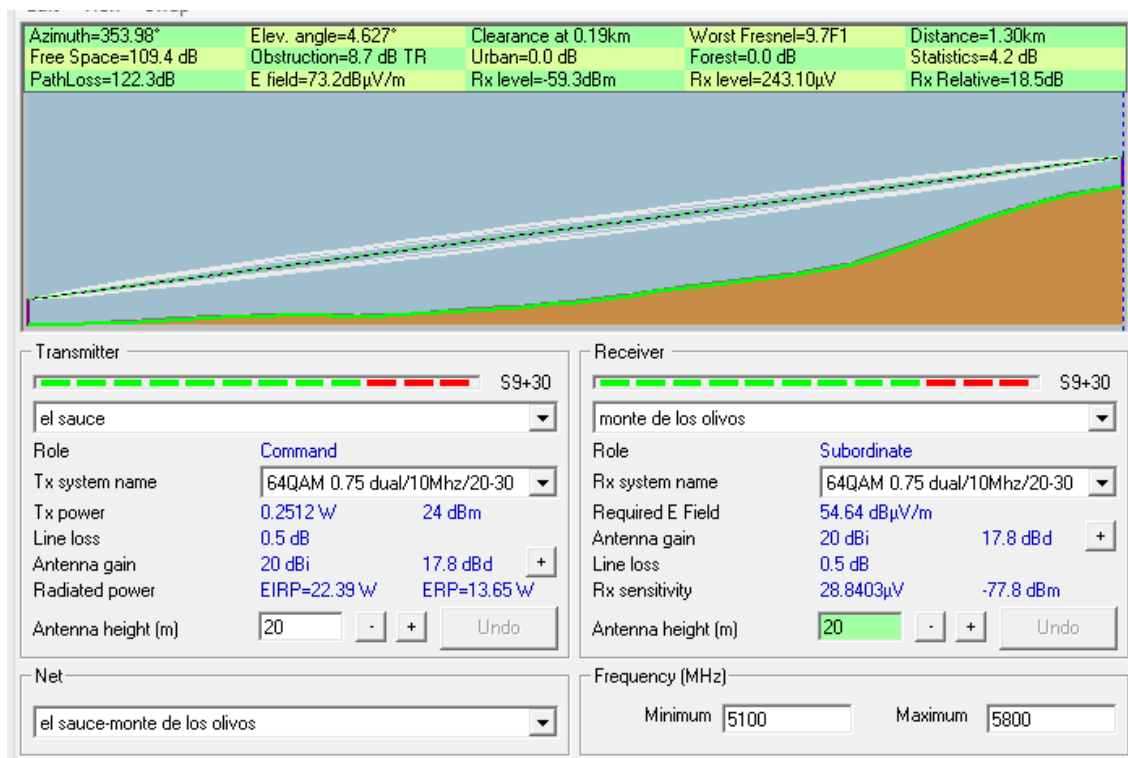
**Figura 81:** Radioenlace Pampa Elera Alto y Potrerillo Bajo.



**Figura 82:** Radioenlace Potrerillo Bajo y El Sauce.

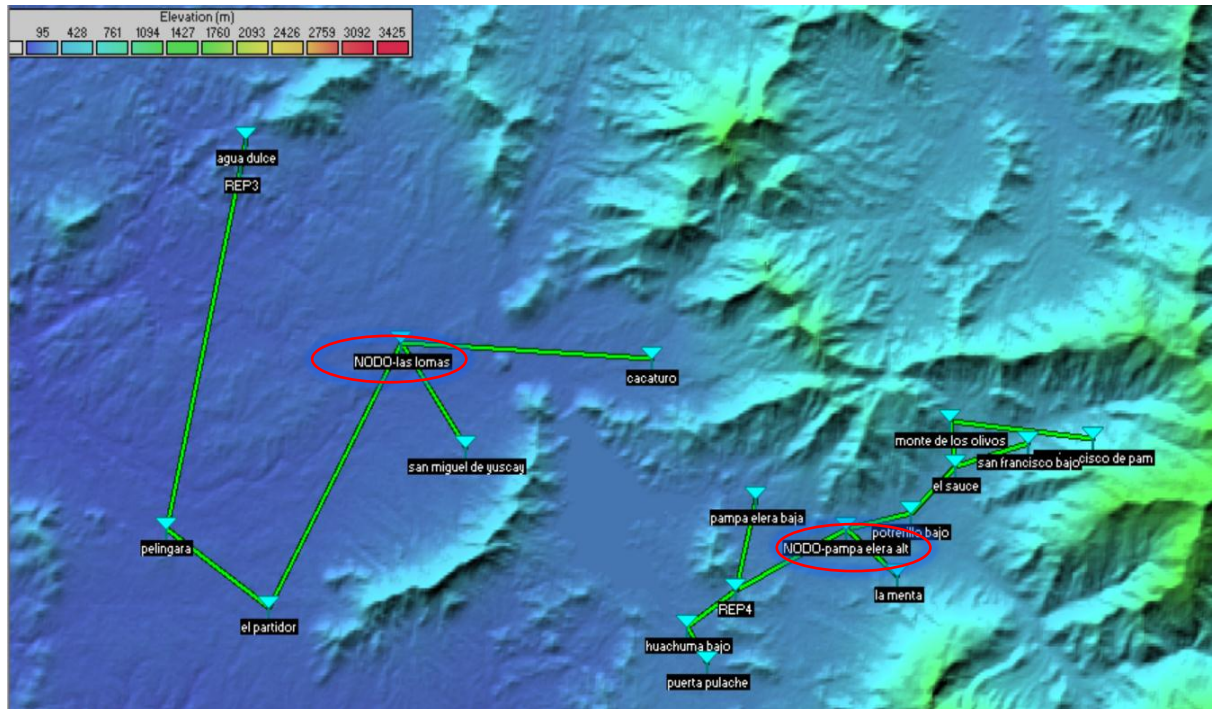


**Figura 83:** Radioenlace El Sauce y San Francisco Bajo.



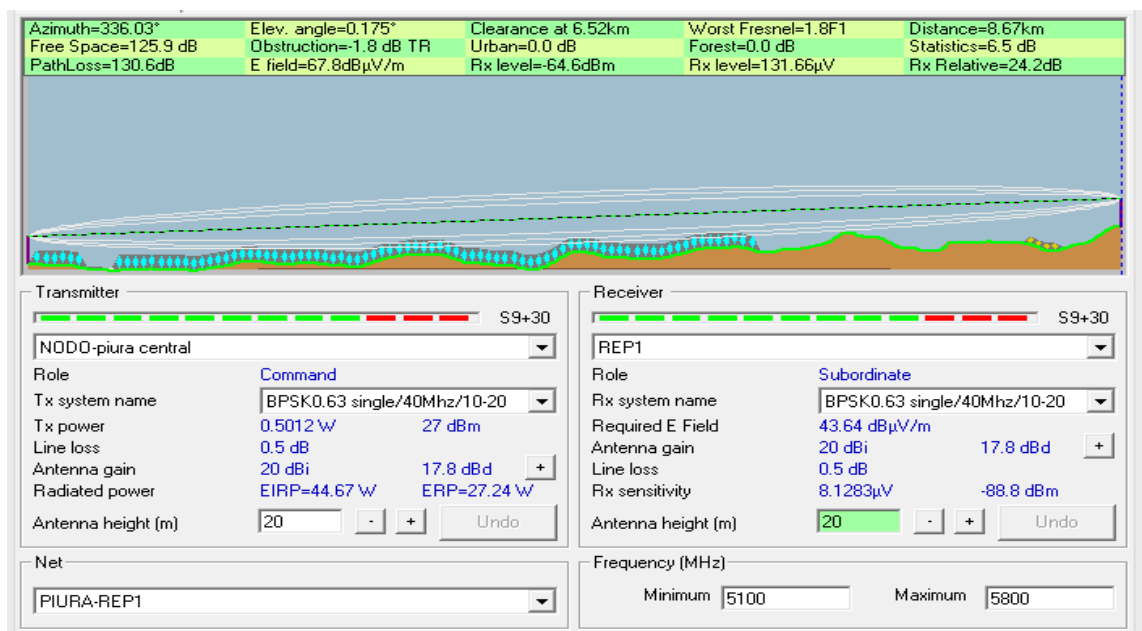
**Figura 84:** Radioenlace El Sauce y Monte de los Olivos.

En la Figura 85 se muestran los radioenlaces de los Nodos de Las Lomas y Pampa Elera Alto (Las Lomas) con sus localidades correspondientes.

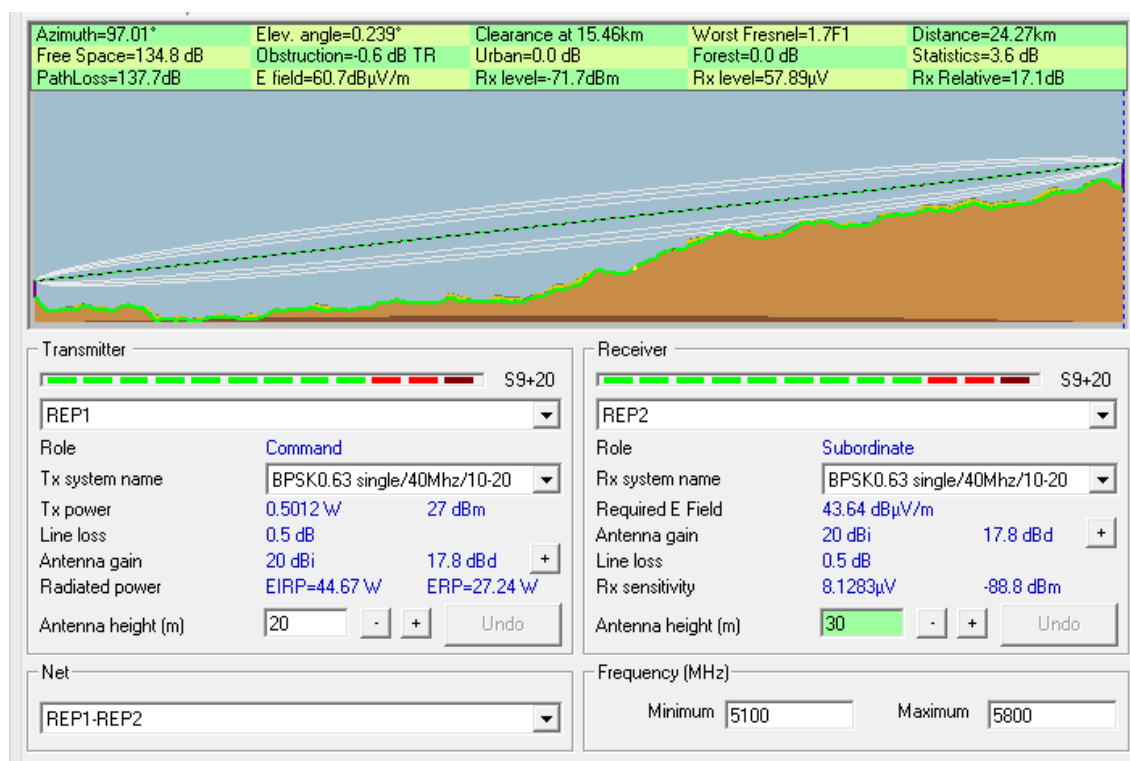


**Figura 85:** Radioenlaces de los Nodos de Las Lomas y Pampa Elera Alto.

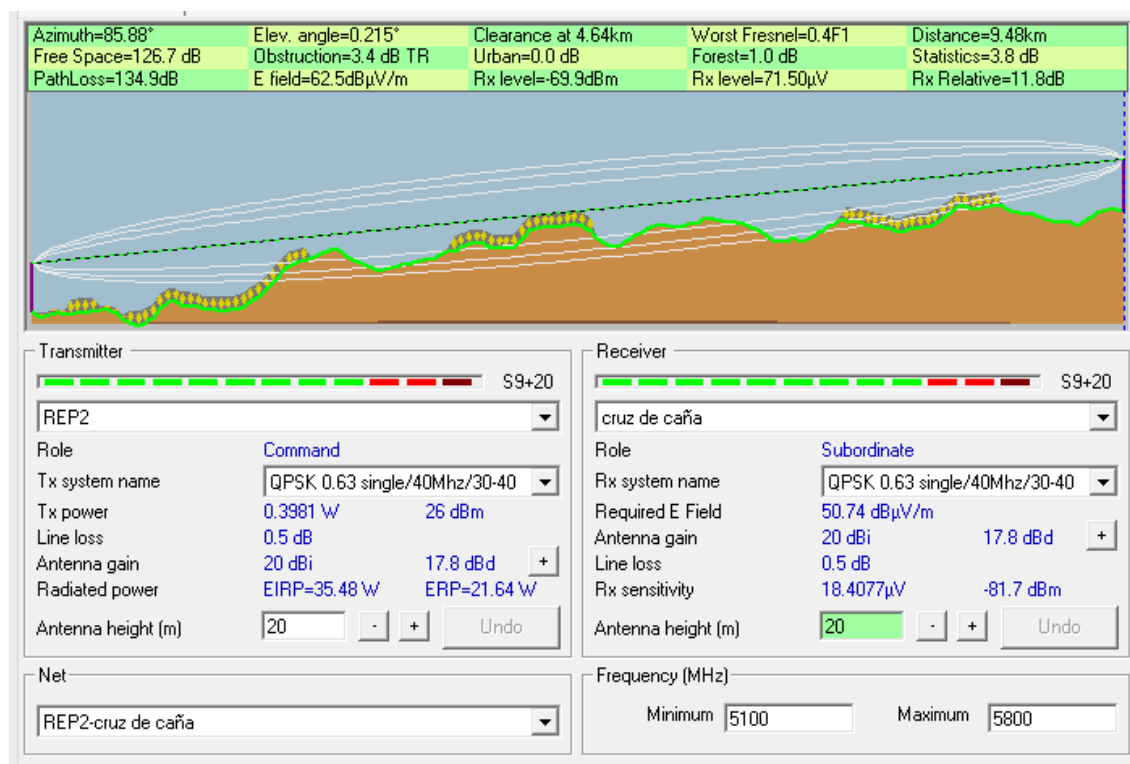
Con el software Radio Mobile se pudo verificar que existe línea de vista entre los Nodos de Piura y Castilla con sus respectivas localidades. Además, se pudo obtener la potencia de las antenas así como su ganancia.



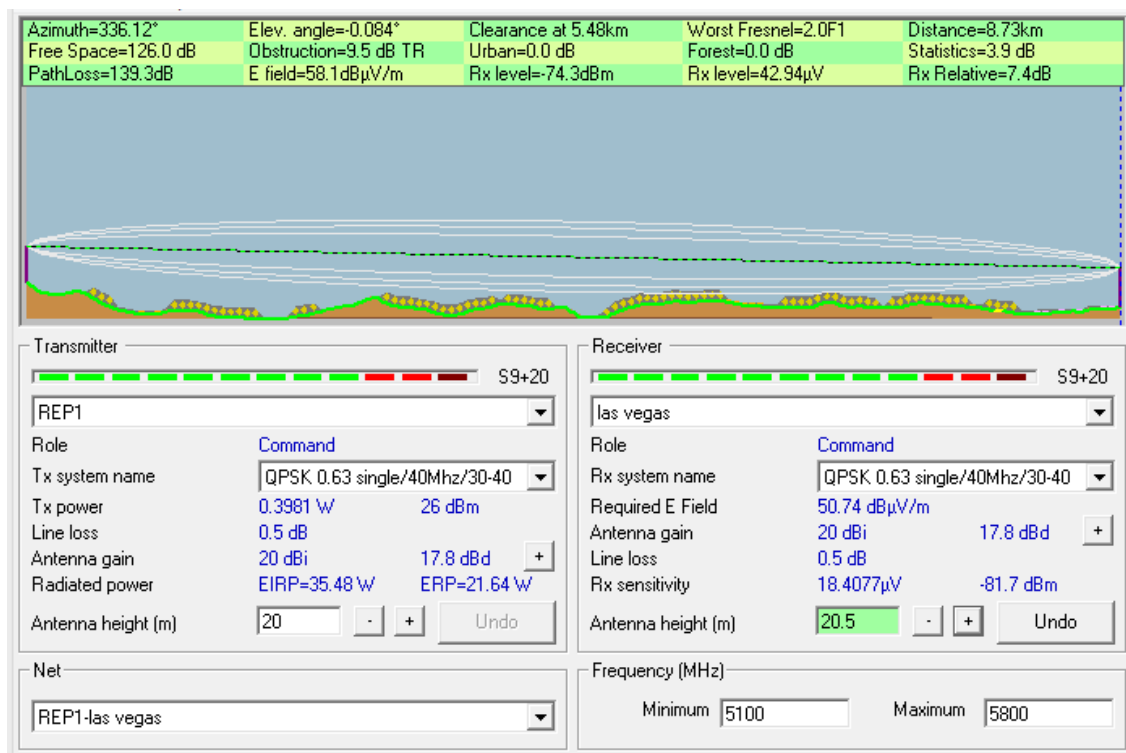
**Figura 86:** Radioenlace Piura y REP1.



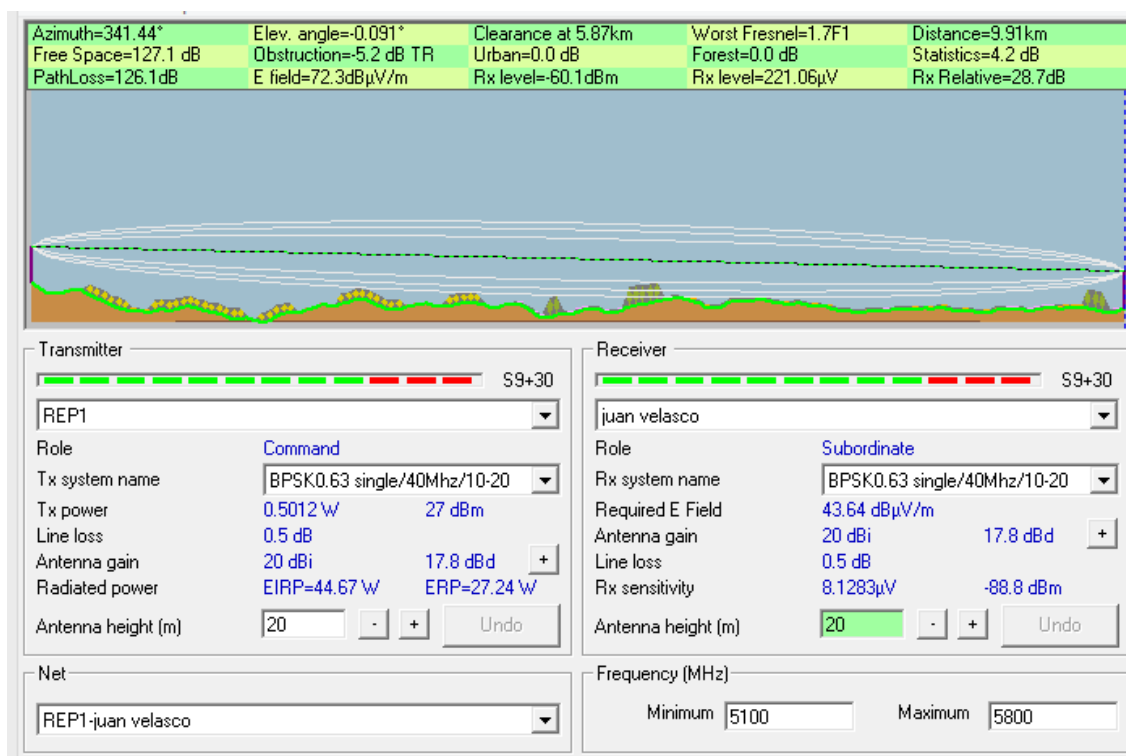
**Figura 87:** Radioenlace entre REP1 y REP2.



**Figura 88:** Radioenlace REP2 y Cruz de Caña.

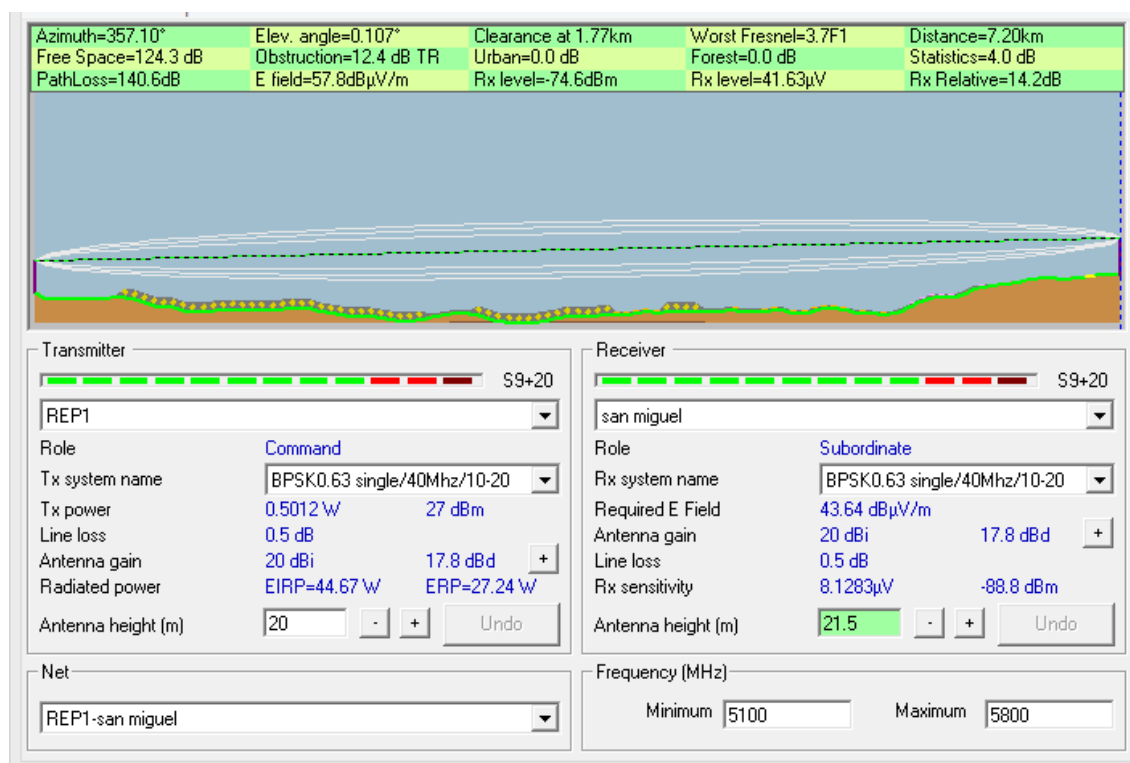


**Figura 89:** Radioenlace REP1 y Las Vegas.

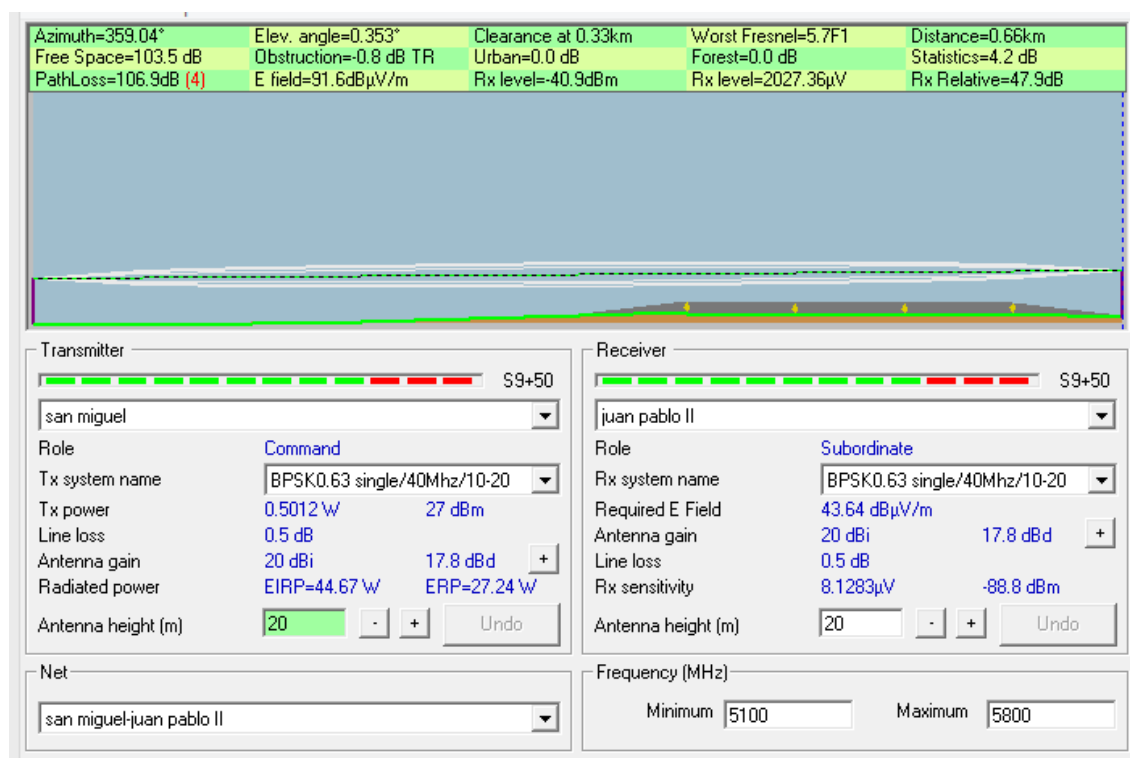


**Figura 90:** Radioenlace REP1 y Juan Velasco.

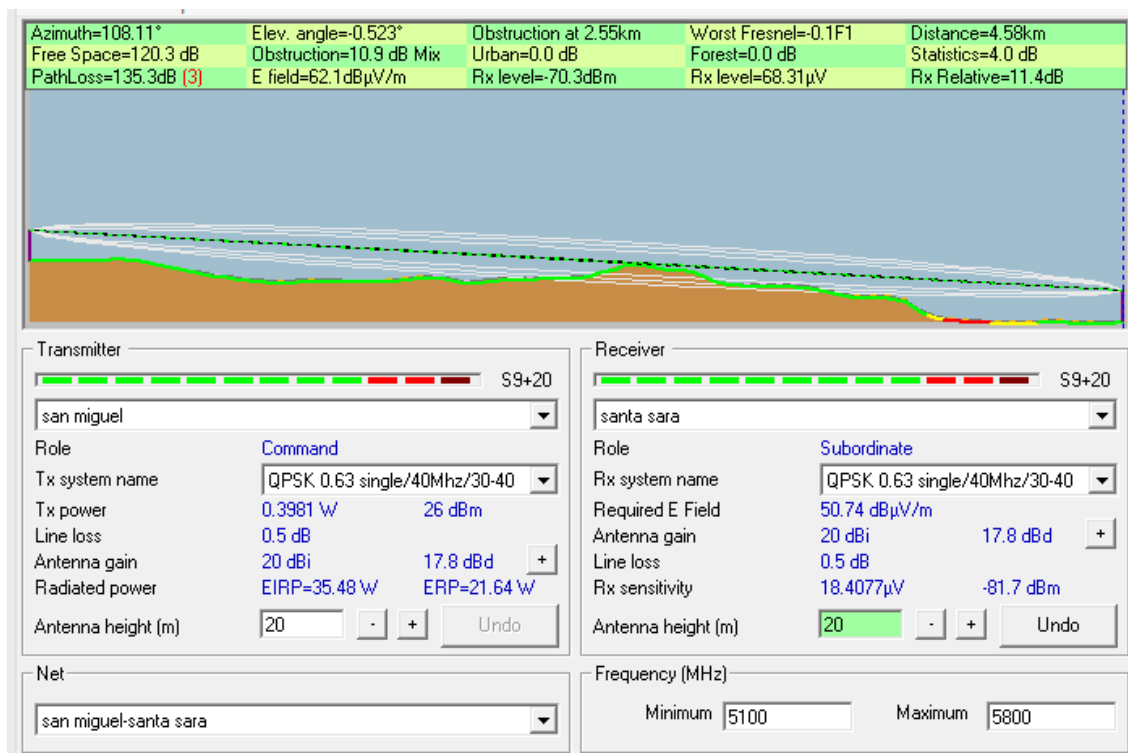




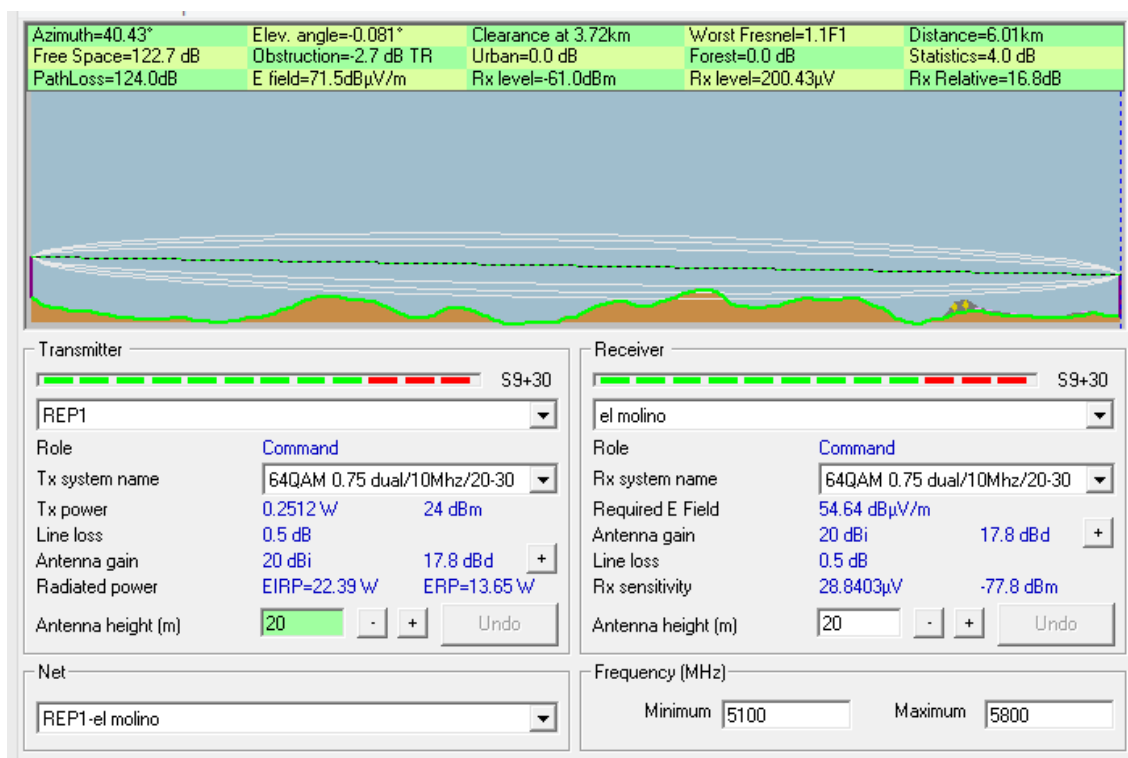
**Figura 91:** Radioenlace REP1 y San Miguel.



**Figura 92:** Radioenlace San Miguel y Juan Pablo.

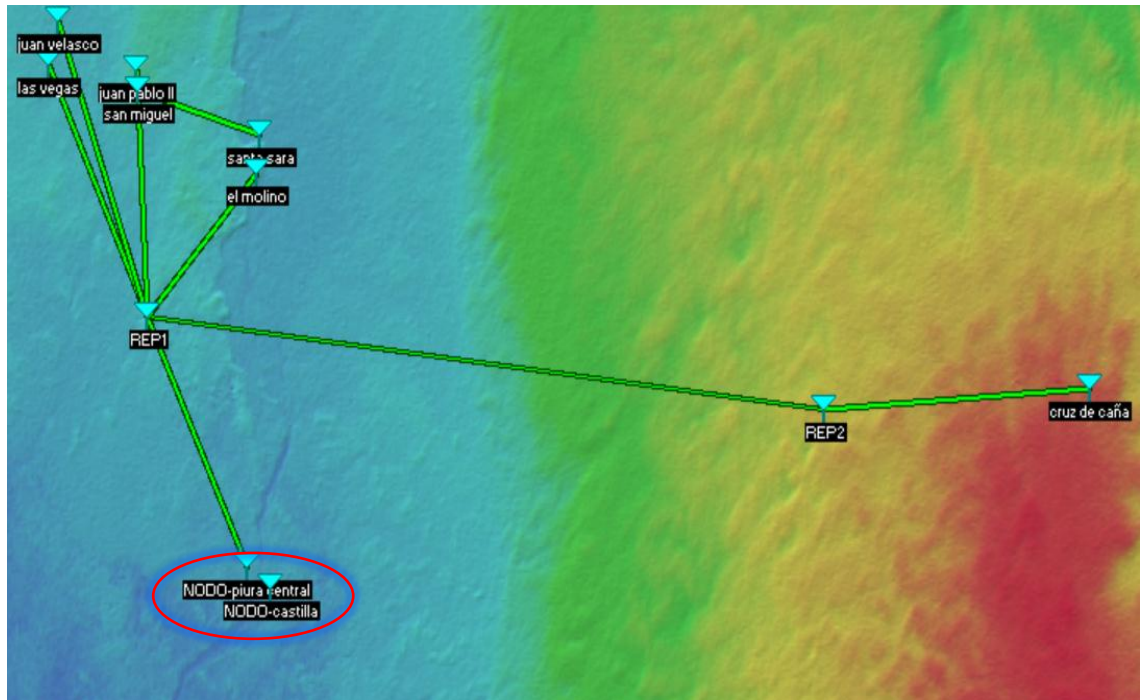


**Figura 93:** Radioenlace San Miguel y Santa Sara.



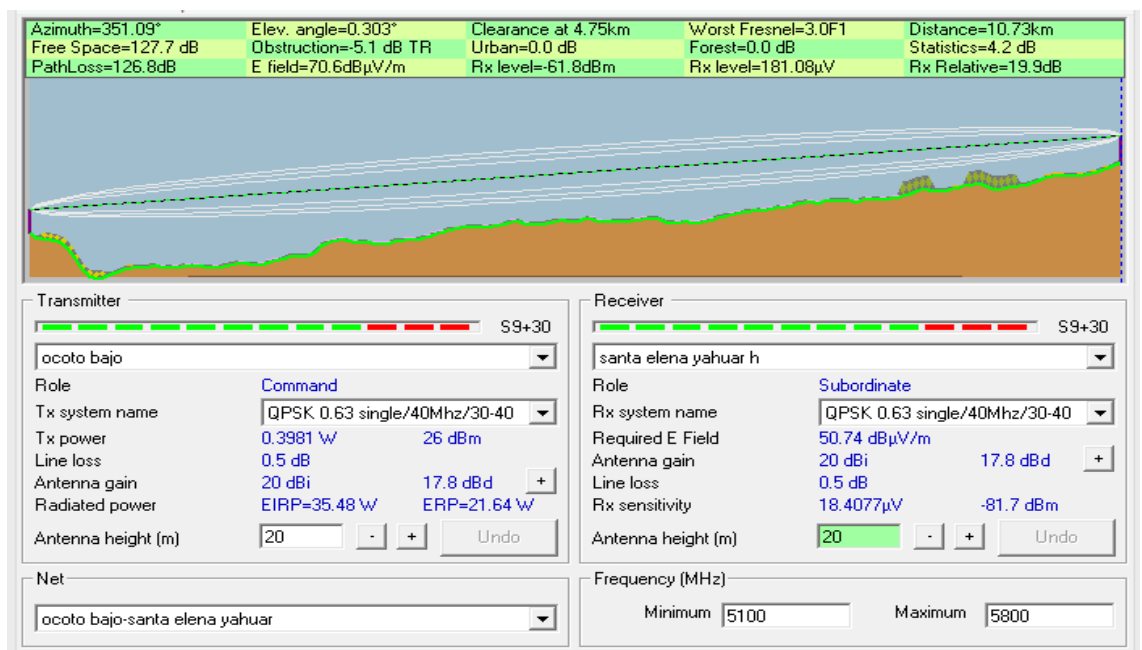
**Figura 94:** Radioenlace REP1 y El Molino.

En la Figura 95 se muestran los radioenlaces del Nodo de Piura y Castilla con sus localidades correspondientes.

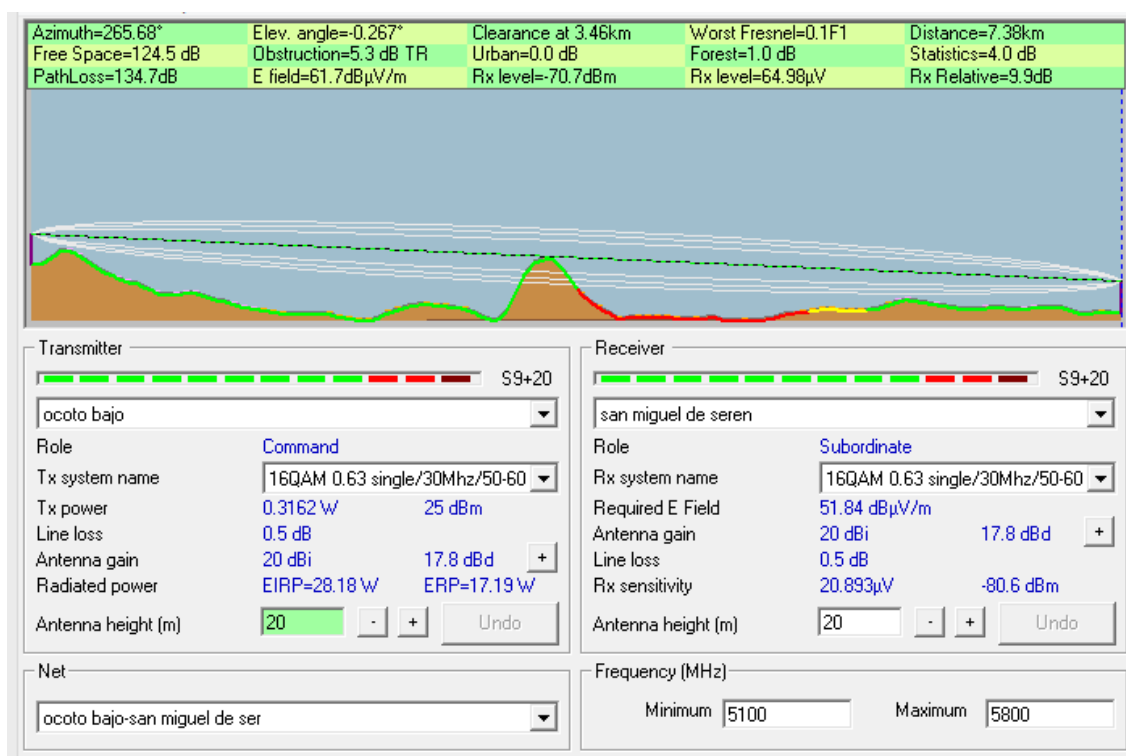


**Figura 95:** Radioenlaces del Nodo de Piura y Castilla.

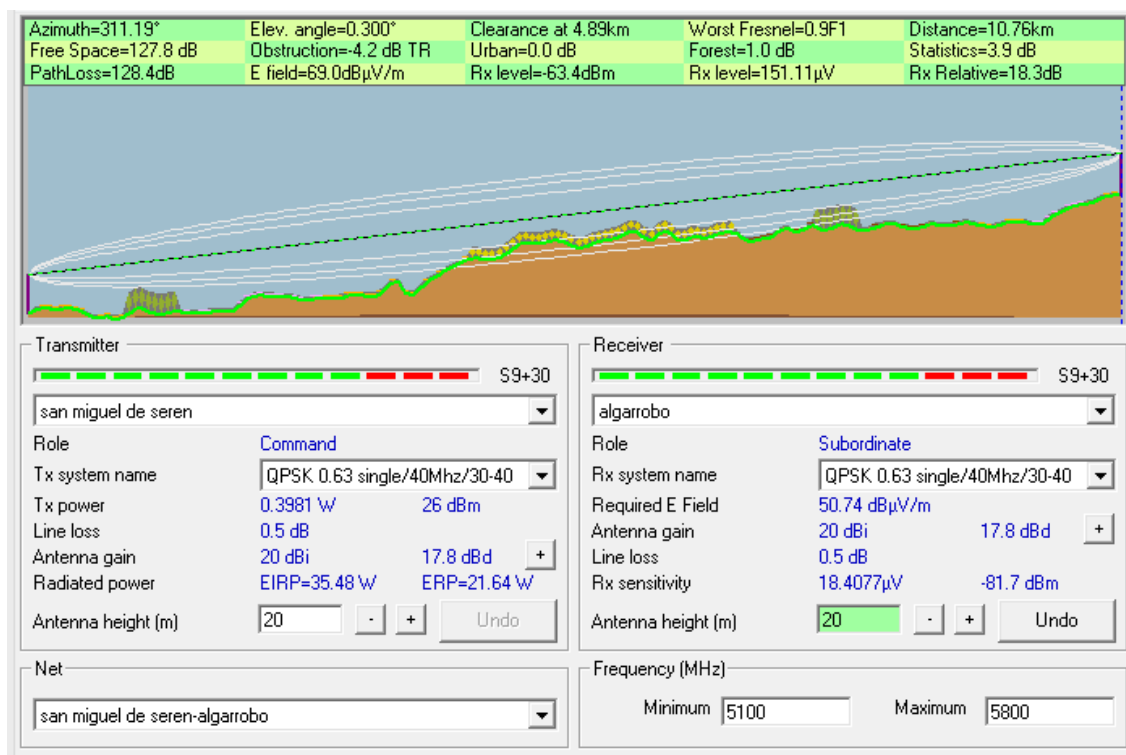
Con el software Radio Mobile se pudo verificar que existe línea de vista entre los Nodos de Tambogrande y San Martín CP6 con sus respectivas localidades. Además, se pudo obtener la potencia de las antenas así como su ganancia.



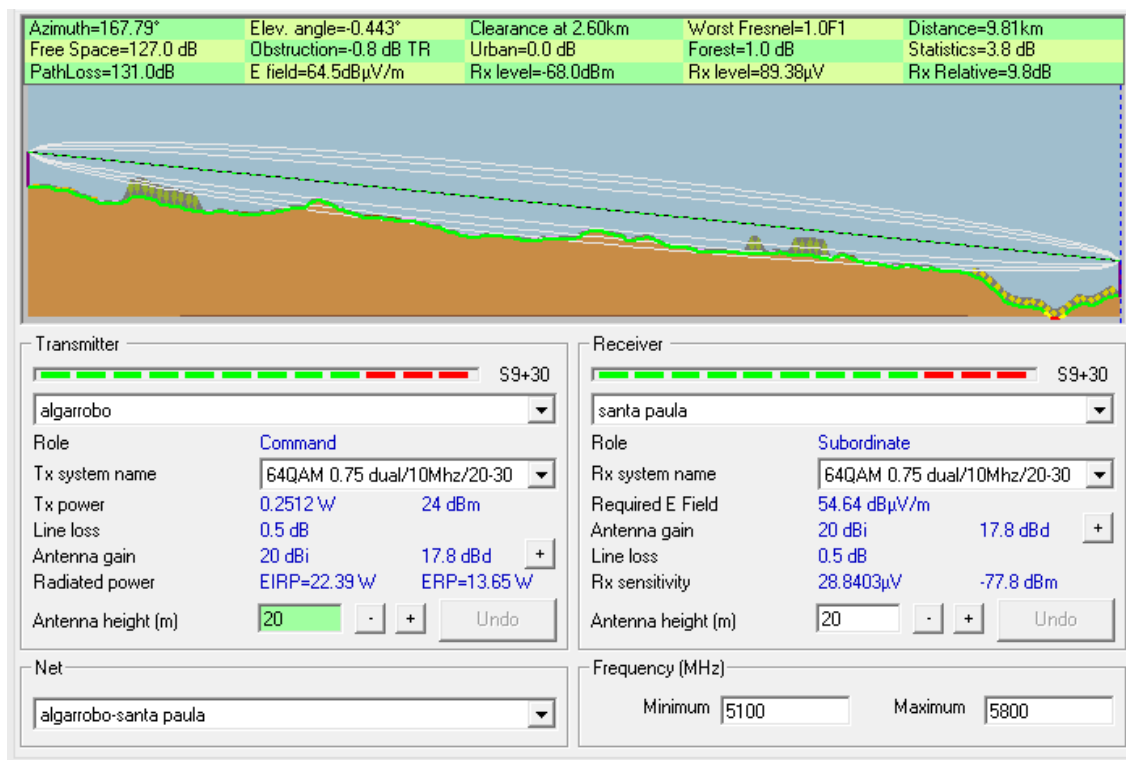
**Figura 96:** Radioenlace Tambogrande y Ocoto Bajo.



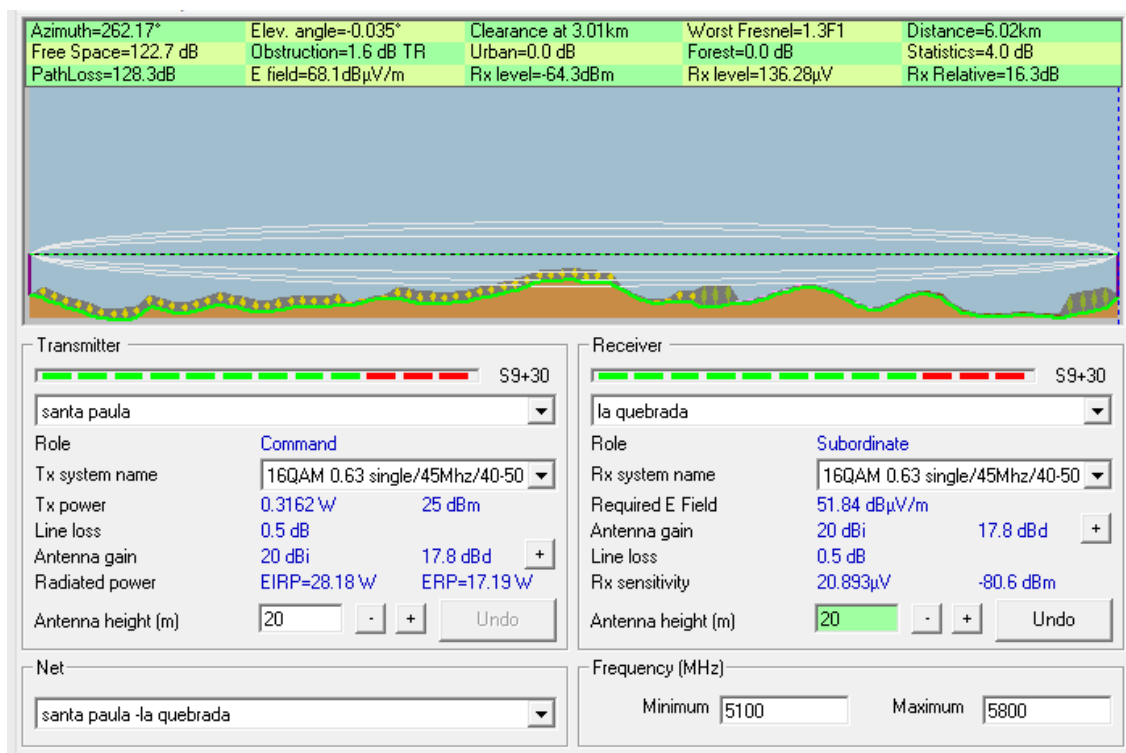
**Figura 97:** Radioenlace Ocoto Bajo y San Miguel de Seren.



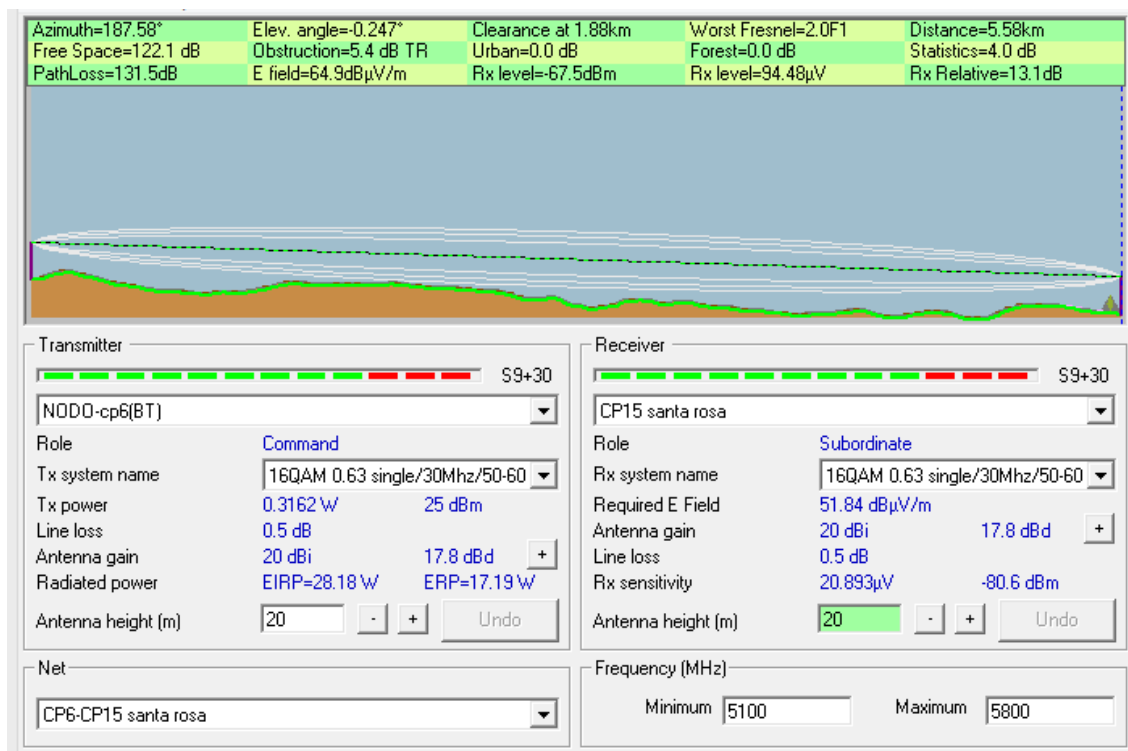
**Figura 98:** Radioenlace San Miguel de Seren y Algarrobo.



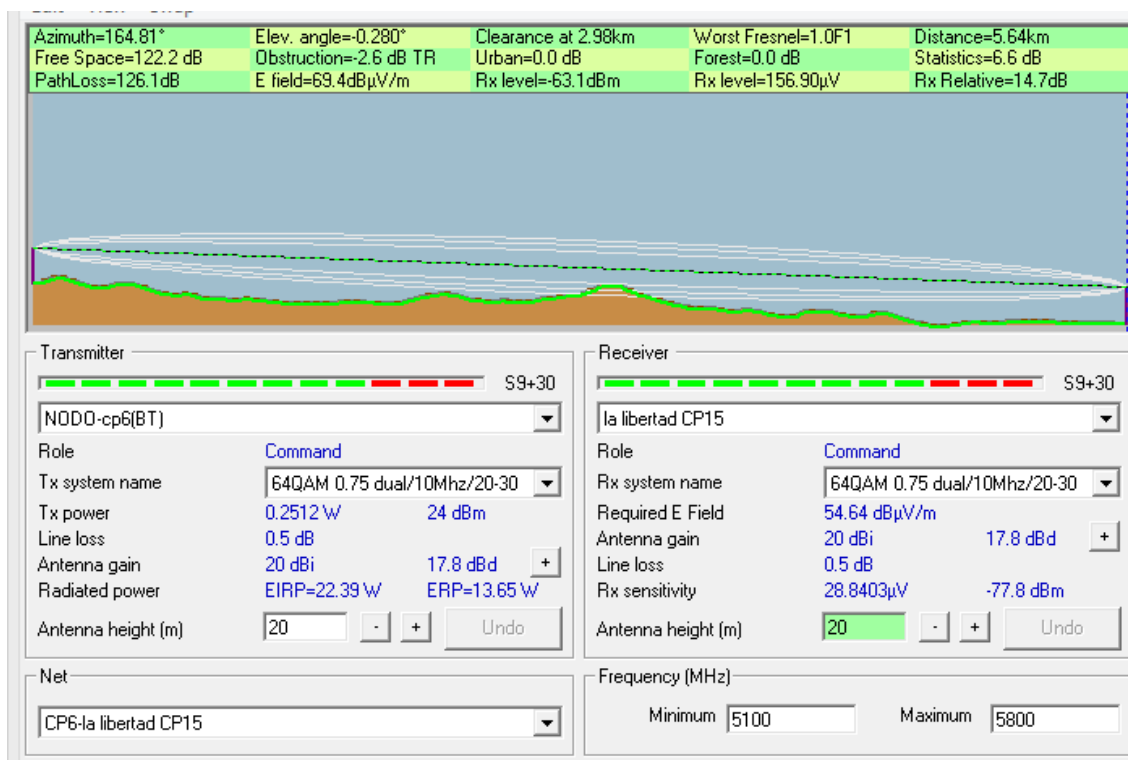
**Figura 99:** Radioenlace El Algarrobo y Santa Paula.



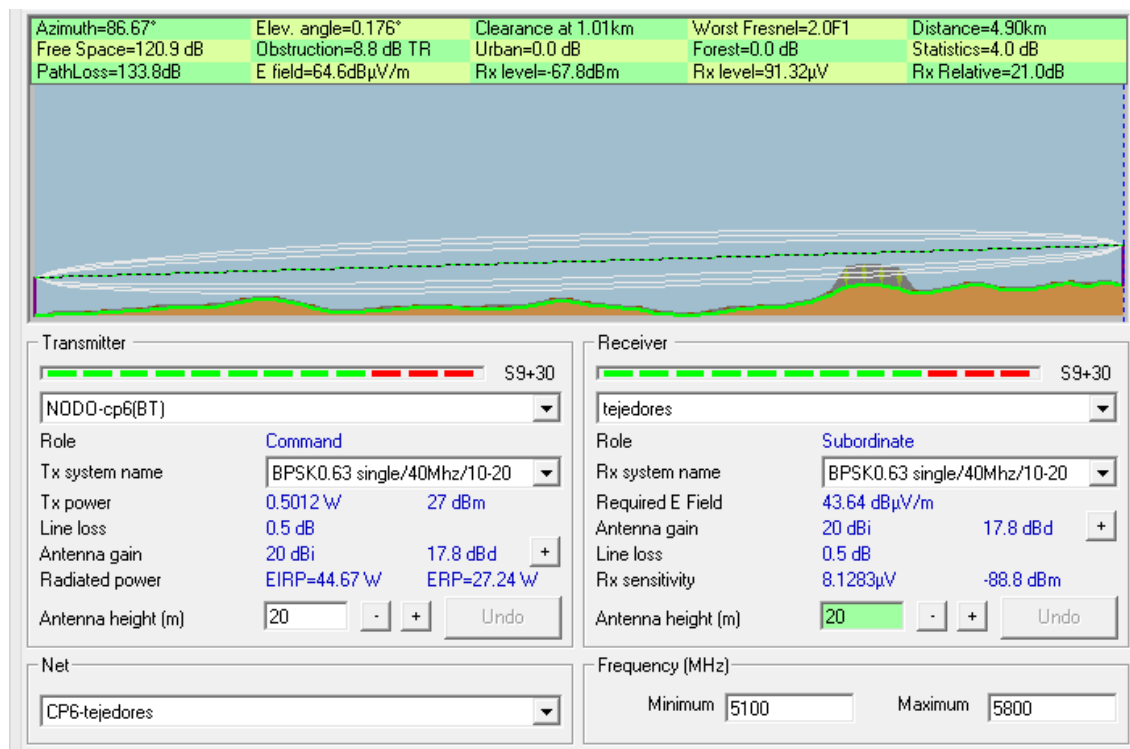
**Figura 100:** Radioenlace Santa Paula y La Quebrada.



**Figura 101:** Radioenlace San Martín CP6 y Santa Rosa CP15.

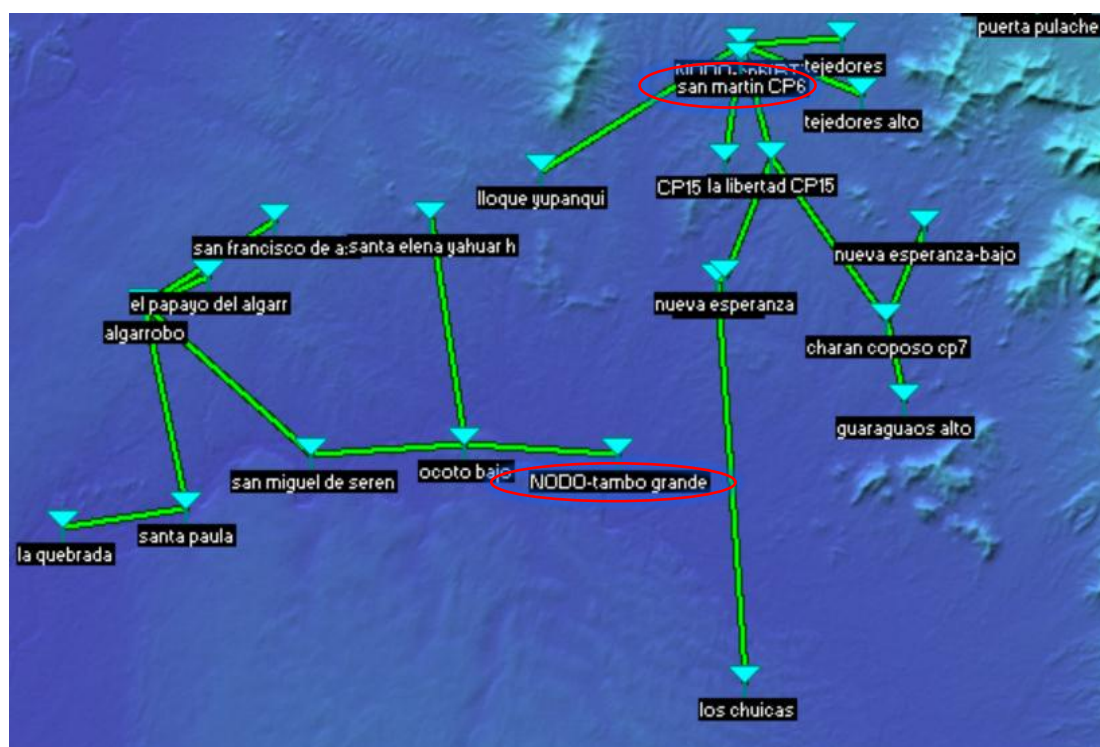


**Figura 102:** Radioenlace San Martín CP6 y La Libertad.



**Figura 103:** Radioenlace San Martín CP6 y Tejedores.

En la Figura102 se muestran los radioenlaces de los Nodos de Tambogrande y San Martin CP6 (Tambogrande) con sus localidades correspondientes.



**Figura 104:** Radioenlace de los Nodos de Tambogrande y San Martin CP6.



Para obtener la capacidad que demanda del resto de localidades, en cada enlace se ha considerado la utilización de los equipos de la marca Cambium Networks, específicamente el modelo PTP 650 (ver Figura 105), que puede brindar hasta un Throughput agregado de 450 Mbps. PTP 650 es un puente Ethernet inalámbrico que ofrece una variedad de características que le da una mayor capacidad, flexibilidad operativa y la mayor eficiencia espectral de la industria. PTP 650 proporciona flexibilidad multi banda en el rango de 4,9 GHz a 6,05 GHz y opera en tamaños de canal desde 5 MHz a 45 MHz.

Estos equipos tienen la posibilidad de establecer la potencia de transmisión dentro de un rango que va desde los 3 dBm hasta 30 dBm con saltos de 1 dBm, lo que proporciona una gran flexibilidad a la hora de dimensionar los enlaces.



**Figura 105:** PTP 650 - Cambium Networks.

Para garantizar las velocidades necesarias en cada enlace, se ha tenido que seleccionar cuidadosamente la potencia de transmisión, la ganancia de la antena, el ancho de banda a utilizar y la sensibilidad del receptor de acuerdo a las tablas del manual de usuario del equipo PTP 650.



# **PRESUPUESTO**

## **CAPITULO IV**

## PRESUPUESTO

Se considerada la inversión que será realizada inicialmente para la adquisición de equipos, materiales, trabajos en la planta externa que incluyen la construcción de zanjas, instalación de ductos, tendido de la fibra óptica, etc. En resumen, la inversión en la construcción de la red total para que esté lista para su funcionamiento.

**Tabla 17:** Presupuesto de total.

Concepto	Cantidad	Costo unitario S/.	Costo total S/.
<b>Oficinas técnicas y administrativas</b>			<b>2,730,295</b>
Compra de terrenos para estaciones	72	21.200,00	1,526,400
Adecuación de estaciones para instalaciones	1	1,203,895	1,203,895
<b>Diseño de la red, configuración, interconexión, y puesta en marcha</b>			<b>1,305,361</b>
Diseño de ingeniería	1	578,200	578,200
Interconexión	1	125,213	125,213
Puesta en marcha	1	601,948	601,948
<b>Sistema de transmisión óptico</b>			<b>12,553,957</b>
Cable de fibra óptica de 24 hilos (Km)	251	13,250	3,325,750
Equipamiento	1	9,228,207	9,228,207
<b>Sistema de transmisión inalámbrico</b>			<b>892,800</b>
Torres e instalación	72	12,000	864,000
Antenas y equipamiento	72	400	28,800
<b>Sistema de protección</b>			<b>11,416,951</b>
Sistema de puesta a tierra	1	6,517,098	6,517,098
Sistema UPS de 1,5 KV incluido batería de 1 hora de autonomía	1	2,215,167	2,215,167
Sistema UPS de 1,5 KV incluido batería de 1 hora de autonomía	1	2,684,686	2,684,686
<b>Instalaciones</b>			<b>3,877,563</b>
Instalación del sistema de protección	1	3,877,563	3,877,563
<b>Servicio de transporte</b>			<b>424,000</b>
Transporte Lima – Piura	1	238,500	238,500
Transporte Lima – otros nodos	1	185,500	185,500
<b>Total</b>			<b>33,210,927</b>

# **CONCLUSIONES**

## **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES**

- 1) Se ha diseñado una red de telecomunicaciones que comprende una red de transporte óptico y una red de acceso inalámbrico de banda ancha en la Provincia de Piura.
- 2) La cantidad de pobladores obtenida a través del INEI fue muy importante para calcular la demanda del ancho de banda.
- 3) El estudio de la RDNFO ha sido vital para la ubicación de los Nodos de Agregación y de los Nodos de Distribución.
- 4) El despliegue de la fibra óptica fue elegido gracias al estudio de la RDNFO.
- 5) Con la información de la infraestructura eléctrica y vial se han obtenido las distancias de los Nodos de Distribución al Nodo de Agregación, asignando las interfaces ópticas adecuadas que aseguren la calidad del canal de comunicación a las velocidades de transmisión estimadas. Esto también permitió el cálculo de pérdidas, empalmes y postes a usar en el tendido de la red de transporte óptico.
- 6) En los radioenlaces sólo se toman en cuenta el ancho de banda de las localidades y no de los distritos debido a que son utilizados como Nodos de Distribución y son abastecidos en el diseño de la red de transporte óptico.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüelles Rodríguez, A., Balayo Atanes, B., & Ares Sainz, J. L. (2016). *Redes de comunicación*.  
Obtenido de  
[https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/pluginfile.php/25655/mod\\_page/content/30/RedesComunicacion\\_JoseLuisAres\\_AlejandroArguelles\\_BrianBalayo.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/pluginfile.php/25655/mod_page/content/30/RedesComunicacion_JoseLuisAres_AlejandroArguelles_BrianBalayo.pdf)
- Bossio, J. (27 de Julio de 2011). *Plan Nacional de Banda Ancha Perú*. Obtenido de  
<https://es.slideshare.net/jbossio/plan-nacional-de-banda-ancha-per>
- Castro Freire, D., Juncal García, Y., & Lado Martínez, R. (2016). *REDES INALAMBRICAS*.  
Obtenido de  
[https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/pluginfile.php/25655/mod\\_page/content/30/RedesComunicacion\\_DiegoCastro\\_YannickJuncal\\_RubenLado.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual2/pluginfile.php/25655/mod_page/content/30/RedesComunicacion_DiegoCastro_YannickJuncal_RubenLado.pdf)
- Córdova, F. (s.f.). *TECNOLOGIAS DE ACCESO*. Obtenido de  
[http://www.imaginar.org/iicd/tus\\_archivos/TUS6/2\\_tecnologia.pdf](http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf)
- INEI. (2017). *Población estimada de la Region Piura*. Obtenido de  
<https://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- ITU. (Marzo de 2013). *ESTUDIO DE LA CONECTIVIDAD INTERNACIONAL DE INTERNET en América Latina y el Caribe*. Obtenido de [https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/IIC\\_LAC\\_final-sp.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/IIC_LAC_final-sp.pdf)
- Medina, C. (2010). *Telecomunicaciones Móviles Cambiando el Tiempo y el Espacio*. Obtenido de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/526/html>
- MTC. (2011). Obtenido de  
[http://www.mtc.gob.pe/PORTAL/proyecto\\_banda\\_ancha/INFORME%2001%20BANDA%20ANCHA.pdf](http://www.mtc.gob.pe/PORTAL/proyecto_banda_ancha/INFORME%2001%20BANDA%20ANCHA.pdf)
- Salvetti, D. (2011). *REDES WIRELESS*. Argentina: Fox Andina.